

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE GERENCIAMENTO DE
RISCO DE *Clostridium estertheticum*, EM MATADOURO-
FRIGORÍFICO DE BOVINOS**

Camila Silveira de Melo
Orientador: Prof. Dr. Albenones José de Mesquita

GOIÂNIA
2011

CAMILA SILVEIRA DE MELO

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE GERENCIAMENTO DE
RISCO DE *Clostridium estertheticum*, EM MATADOURO-
FRIGORÍFICO DE BOVINOS**

Tese apresentada para a
obtenção do grau de Doutor em
Ciência Animal junto à Escola
de Veterinária e Zootecnia da
Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:

Sanidade Animal, Higiene e Tecnologia de Alimentos

Linha de Pesquisa:

Ciência e Tecnologia de Alimentos

Orientador:

Prof. Dr. Albenones José de Mesquita - UFG

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Cintia Silva Minafra e Rezende - UFG

Prof. Dr. João da Silva Dias - UFPR

GOIÂNIA
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

M528s Melo, Camila Silveira de.
Sistema de apoio a decisão de gerenciamento de risco de *Clostridium estertheticum*, em matadouro-frigorífico de bovinos [manuscrito] / Camila Silveira de Melo. - 2011.
119 f. : il, tabs.


Orientador: Prof. Dr. Albenones José de Mesquita.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás,
Escola de Veterinária e Zootecnia, 2011.
Bibliografia.

1. Sistema especialista probabilístico. 2. Avaliação de risco – deteriorantes da carne. 3. Abate de bovinos. 4. Tufamento – carne embalada a vácuo. I. Título.

CDU: 619:637.5.03

CAMILA SILVEIRA DE MELO

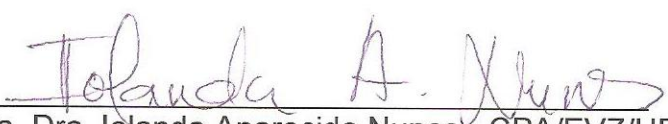
Tese defendida e aprovada em **07/10/2011** pela Banca Examinadora constituída pelos professores:


Prof. Dr. Albenones José De Mesquita
(ORIENTADOR (A))


Dr. Rolando Alfredo Mazzoni Romero - CPA/EVZ/UFG


Profa. Dra. Karyne Oliveira Coelho - UEG/Goiás


Profa. Dra. Cláudia Peixoto Bueno - UEG/Goiás


Profa. Dra. Iolanda Aparecida Nunes - CPA/EVZ/UFG


Prof. Dr. João da Silva Dias - UFPR/PR

Dedico aos meus pais, Joana e Douglas, que sempre foram o alicerce da minha vida, às minhas irmãs, Flávia e Marina, companheiras eternas e aos amigos de jornada. Sempre e fielmente a Deus, dedico todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me fortalecido e sustentado.

Agradeço à minha família pelo amor.

Ao meu orientador, Dr. Albenones José de Mesquita, pelo qual tenho grande admiração e carinho. Agradeço seus ensinamentos, paciência e confiança dispensadas. Pelos anos compartilhados de pesquisa e convivência, devo ao meu “Chefe” o amor pelo conhecimento.

A Sandra Queiroz Porto de Mesquita, pela amizade e companheirismo. A todos os alunos e profissionais do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia, em especial o prof. Dr. Antônio Nonato de Oliveira, que possibilitou a realização do trabalho. Aos professores que contribuíram para minha formação, Dr.^a Iolanda Aparecida Nunes e Dr. José Carlos Seraphin.

Aos alunos e ex-alunos da pós-graduação, agradeço o apoio. Ao Rodrigo Almeida e Sr. Adair, a amistosa companhia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de pesquisa.

Agradeço ao Frigorífico JBS e ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, principalmente à Fiscal Federal Agropecuária Maria Cristina (MAPA/SIPOA–GO), que participou e auxiliou na execução do trabalho, demonstrando disposição e compromisso.

Aos professores, alunos e amigos da Universidade Estadual de Goiás (UEG), Unidade de São Luís de Montes Belos, em especial à diretora Dr.^a Aracele Pinheiro Pales e à coordenadora Abilene Lyra. Ao prof. Msc. Osvaldo José da Silva Neto, por contribuir com a finalização do trabalho. À prof. Dr.^a Karyne Oliveira Coelho, pela amizade e carinho, as muitas conversas e histórias para contar.

Agradeço aos Fiscais da Vigilância Sanitária de Goiânia, pela amizade, compreensão e carinho, principalmente a Eliane Soares Alencar, Alessandra Bertolucci Coimbra Chagas e Ana Maria Freitas Ferreira. A minha chefia, Tânia Maria de Souza Agostinho e Jadison Tavares de Oliveira, e a diretora Mirtes Barros Bezerra, agradeço o apoio.

Ao prof. Dr. João da Silva Dias, pela disposição e dedicação ao ensino, inclusive por sua orientação à distância. Seu compromisso com o conhecimento foi determinante para que pudesse realizar meu doutorado. Agradeço as horas em frente ao computador e a paciência em me ensinar. Obrigada.

À Dr.^a Cintia Silvia Minafra e Rezende e Dr.^a Cláudia Peixoto Bueno, agradeço os dias de dedicação para assegurar a concretização da pesquisa.

Às minhas amigas Suzy Darlen Soares de Almeida, Claudinha Bueno e Cintia Minafra, que estiveram ao meu lado. Guardarei cada dia de convivência com vocês, como doces e agradáveis lembranças. Lembranças que não se vão. Amo vocês.

A esses todo meu carinho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. Considerações Gerais	1
Referências	12
CAPÍTULO 2 – Sistema de classificação e quantificação de riscos microbiológicos para tufamento em carne embalada a vácuo sob refrigeração	16
Introdução	18
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão	29
Conclusão	40
Referências	41
CAPÍTULO 3 . Sistema de classificação e quantificação de risco de contaminação por <i>Clostridium estertheticum</i> , no fluxograma de abate de bovinos.	47
Introdução	49
Material e Métodos.....	54
Resultados e Discussão	74
Conclusão	82
Referências	83
CAPÍTULO 4. Considerações Finais	87
APÊNDICES.....	89

SISTEMA DE APOIO À DECISÃO DE GERENCIAMENTO DE RISCO DE *Clostridium estertheticum*, EM MATADOURO-FRIGORÍFICO DE BOVINOS

Resumo: O tufamento é um processo de deterioração que se caracteriza pelo acúmulo de gases no interior da embalagem de cortes cárneos, provocando aspecto repugnante. No Brasil, essa deterioração já foi observada em vários Estados, principalmente em lotes destinados a exportação, que necessitam de maior vida de prateleira. O principal causador do tufamento é o *Clostridium estertheticum*, uma bactéria que se multiplica com facilidade em temperaturas de refrigeração e em anaerobiose, sendo essas condições encontradas em carnes embaladas a vácuo. O gerenciamento dessa bactéria no fluxograma de abate é muito difícil devido à sua forma esporulada e facilidade de disseminação e crescimento durante o processamento da carne bovina. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho propor um sistema de apoio à decisão de gerenciamento de risco de *Clostridium estertheticum*, no fluxograma de abate de bovinos e em cortes cárneos embalados a vácuo. Para isso, foi realizada a identificação dos Pontos de Controle e Pontos Críticos de Controle para a bactéria, além da classificação e quantificação de riscos no processo de obtenção de cortes cárneos refrigerados embalados a vácuo. O sistema de apoio a decisão foi baseado no conceito de Avaliação de Risco e Redes Bayesianas. A elaboração do sistema foi realizada no programa *Shell Netica*, com as probabilidades inseridas de forma manual durante reuniões com especialista da área. A primeira estrutura do sistema proposto foi elaborada para classificação e quantificação de riscos microbiológicos, possuindo como “nó” pai a Caracterização do Risco de tufamento. Os “nós” filhos, ligados ao “nó” pai, foram elaborados com base na Exposição de Risco e Caracterização de Perigo para deteriorantes incriminados em tufamento de cortes cárneos. Na proposição da segunda parte do sistema, foram elencadas as operações de abate e os fatores determinantes da contaminação dos processos, assim sendo, os “nós” pais identificaram o risco de contaminação e os “nós” filhos as condições de abate. O desempenho do sistema foi avaliado por meio da especificidade e sensibilidade. O modelo proposto apresentou desempenho satisfatório, sendo fidedigno à realidade produtiva. O sistema apresentou alto risco de tufamento para *C. estertheticum*, bactérias ácido lácticas e *Enterobacteriaceae*. Quanto ao seu desempenho em identificar risco de contaminação no fluxograma de abate, esse se mostrou elevado, com 100% de especificidade e sensibilidade. O modelo proposto apresentou diagnósticos claros, apontando as operações que necessitam de maior atenção por parte do gestor de riscos.

Palavras-chave: avaliação de risco, redes bayesianas, tufamento.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR RISK MANAGEMENT FOR *Clostridium estertheticum* BOVINE SLAUGHTERHOUSES

Abstract: Blown Pack is a process of spoilage which characterizes by the build-up of gas in the package of chilled meat cuts, causing a repulsing aspect. In Brazil, this spoilage has been described in many States, mainly meat for export, which needs longer shelf-life. The main cause of blown Pack is attributed to *Clostridium estertheticum*, a bacteria which multiplies easily in long-term storage at refrigeration temperatures and also in anaerobic organisms found in vacuum-packed chilled meat. The management of these bacteria in the flowchart of slaughter is very difficult due to its sporulated shape, easy dissemination and growth during the meat processing. Having said that, this work aimed to propose a decision support system for risk management for *Clostridium estertheticum* in the flowchart of bovine slaughter and vacuum-packed chilled beef cuts. Hence, it was carried out an identification of Control Point and Critical Point Control for bacteria as well as a risk classification and quantification in the process of vacuum-packed chilled beef cuts. The decision support system was based on the concept of Risk Assessment and Bayesian Networks. The system elaboration was performed at *Shell* Netica program. The probabilistic was manually input during the meeting with experts on the area. The first proposed structure of the system was elaborated for classification and quantification for microbiological risks, having as a parent node, a Risk Characterization of blown pack. The children nodes, linked to the parent node, were elaborated and based on Risk Exposure and Hazard Characterization for microbial deterioration in blown packed spoilage in meat cuts. In the second part of the proposition of the system, it was selected the slaughter operations and the determining factors of contamination in the processes. The parent nodes identified the contamination risks and the children nodes the slaughter conditions. The system performance was assessed by specificity and sensibility. The proposed model presented a satisfactory performance, being reliable to the productive reality. The system presented high risk for blown pack for *C. estertheticum*, lactic acid bacteria and *Enterobacteriaceae*. Concerning its performance in identifying the contamination risk on the flowchart of slaughter, it has been high, with 100% of specificity and sensibility. The proposed model presented clear diagnosis, showing the operations that need more attention by the risk manager's part.

Keywords: Bayesian network, Blown pack, Risk Assessment

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Brasil possui um dos maiores rebanhos comerciais de bovinos de corte do mundo. Em 2010, foram exportadas 952 mil toneladas de carne *in natura*, 19% a mais do que no ano anterior. Segundo a Associação Brasileira de Importadores e Exportadores de Carne, a Rússia é o maior comprador com 300 mil toneladas/ano (ABIEC, 2011).

Esses dados revelam a importância da carne para a balança comercial brasileira e, conseqüentemente, a necessidade do conhecimento dos fatores que contribuem para a conservação da carne sem perder de vista os relacionados a problemas econômicos e/ou de saúde pública.

A carne é reconhecida como um dos alimentos mais perecíveis, sendo considerada um excelente meio para a multiplicação microbiana, devido a sua alta atividade de água ($A_w > 0,95$) e à elevada abundância de nutrientes disponíveis (PARDI et al., 2006).

Representa perigo potencial aos consumidores à medida que pode veicular microrganismos patogênicos, tais como *Salmonella*, *Escherichia coli* enterohemorrágica, alguns sorovares de *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Aeromonas hydrophila* e *Bacillus cereus* (SUMNER et al., 2005).

As bactérias Gram-negativas são as principais responsáveis pela deterioração das carnes em condições de aerobiose, sendo os gêneros *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter* e *Moraxella* exemplos de microrganismos psicrótróficos que sobrevivem e se multiplicam em temperaturas de refrigeração (GIL, 2000).

A deterioração da carne caracteriza-se por alterações sensoriais causadas em sua maioria por ação microbiana que provoca o desenvolvimento de odor e sabor desagradáveis, além de alterações na cor e presença de limo. Essas modificações indesejáveis estão relacionadas à utilização dos nutrientes da carne, tais como carboidratos e aminoácidos livres, e a liberação de metabólitos (ERCOLINE et al., 2006).

A utilização da embalagem a vácuo foi um avanço na indústria de carnes que possibilitou maior vida de prateleira aos produtos, em consequência da remoção do ar do interior da embalagem, com objetivo principal de remover o oxigênio. Segundo MERGEN (2004), o filme plástico utilizado deve ser impermeável a gases, como o oxigênio, e ao vapor de água.

A carne embalada a vácuo tem a atmosfera gasosa alterada ao redor de sua superfície. A pequena quantidade de oxigênio remanescente no interior da embalagem é consumida pela atividade metabólica da carne e por bactérias durante o armazenamento. Cria-se, assim, um microssistema anaeróbio/microaeróbio dentro da embalagem que, auxiliado pelo efeito inibitório do CO₂ liberado na respiração, retarda a multiplicação de bactérias aeróbias deteriorantes, como as *Pseudomonas* (OLIVEIRA et al., 2006).

O efeito inibitório do CO₂ manifesta-se por aumento na fase lagⁱ e no tempo de geração durante a fase logⁱⁱ, porém a forma como o CO₂ inibe o crescimento celular não é bem conhecida. Sabe-se que o CO₂ pode diminuir o pH da carne através da reação com a água e formação de ácido carbônico. A redução da temperatura aumenta a solubilidade do CO₂ no tecido muscular e na gordura da carne, potencializando a inibição do desenvolvimento microbiano. As *Pseudomonas* têm sua multiplicação inibida pelo CO₂, sendo que, em concentrações de 20% deste gás, a taxa de multiplicação é reduzida à metade, quando comparada com a que ocorre na presença de ar (GILL & TAN, 1980).

O ambiente criado dentro da embalagem possibilita a predominância de bactérias anaeróbias facultativas deteriorantes principalmente as ácido lácticas, *Enterobacteriaceae* psicrotróficas e *Brochothrix thermosphacta*, que apresentam menor potencial de deterioração e crescimento limitado em baixas temperaturas. O resultado é a vida de prateleira mais longa do que o alimento fresco exposto ao ar (BLIXT & BORCH, 1999).

HOLLEY & McKELLAR (1996) armazenaram produtos cárneos embalados a vácuo a 6°C por 21 dias e observaram baixas contagens de *Enterobacteriaceae* e *Brochothrix thermosphacta*, no entanto as bactérias ácido lácticas predominaram.

ⁱ Fase de adaptação da bactéria ao meio

ⁱⁱ Fase de multiplicação exponencial bacteriana

A temperatura de estocagem determina a velocidade da deterioração microbiológica. Em geral, quanto mais elevada a temperatura maior será a velocidade de deterioração (CHAVES, 2010; MOSCHONAS et al., 2010). A temperatura de armazenamento convencionalmente utilizada para carne embalada a vácuo é de -1°C a 2°C , no ambiente, o que limita a multiplicação microbiana já que a temperatura mínima de multiplicação das bactérias psicrófilas e psicrotróficas está próxima a 0°C (BRODA et al., 1994).

Segundo McMULLEN & STILES (1994), as baixas temperaturas de refrigeração diminuem a multiplicação bacteriana e afetam a composição da microbiota da carne. Os autores constataram que, na carne embalada sob atmosfera modificada, a multiplicação de *Enterobacteriaceae* foi reduzida consideravelmente a $-1,5^{\circ}\text{C}$, mas foi estimulada a 4°C . A composição das bactérias ácido lácticas varia com a temperatura do armazenamento; sendo que *Carnobacterium* spp. domina a microbiota da carne suína a $-1,5^{\circ}\text{C}$, enquanto *Lactobacillus* spp. homofermentativos predominam em temperaturas entre 4°C e 7°C .

Usualmente, a deterioração da carne refrigerada acondicionada a vácuo é relacionada à elevação da temperatura durante o armazenamento, podendo ou não ser observado tufamento da embalagem. O tufamento, também conhecido como *blown pack*, é caracterizado pela distensão da embalagem, com acúmulo de gases (BRODA et al., 1996). Espécies da família *Enterobacteriaceae*, como *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter aerogenes* e *Hafnia alvei*, têm sido isoladas em números superiores a 10^7 UFC/mL de exsudato de carnes embaladas a vácuo com tufamento, após ter sido constatado o abuso da temperatura de estocagem (HANNA et al., 1979; CHAVES, 2010).

A ocorrência de tufamento em carnes embaladas a vácuo, sem a constatação do aumento da temperatura de acondicionamento, pode estar associada à presença de *Clostridium* spp. psicrotróficos e psicrófilos. Análises da composição gasosa do tufamento revelaram a presença de hidrogênio, gás carbônico, éster butil, ácido butírico e butanol, sendo que o odor desses gases sugere semelhança com queijo e derivados lácticos deteriorados, com um leve odor fecal (BRODA et al., 1996; YANG et al., 2009; MOSCHONAS et al., 2010).

Dentre as espécies de *Clostridium* que compõem esse grupo de microrganismos causadores desse tipo de deterioração, destacam-se o *C. estertheticum* subsp. *laramiense*, *C. estertheticum* subsp. *estertheticum* e *C. gasigenes* (BRODA et al., 2000; SPRING et al., 2003).

Segundo BRODA et al. (2002) e BOEREMA et al. (2003) os principais reservatórios do *C. estertheticum* são o solo e as fezes de animais, indicando que higiene inadequada durante o abate constitui a principal forma de disseminação desse microrganismo no estabelecimento.

No Brasil, RAUECKER (2007) estudou a ocorrência de *C. estertheticum* em cortes cárneos com tufamento e a distribuição do microrganismo em matadouros-frigoríficos de oito Estados brasileiros, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Acre e Bahia. O autor constatou a presença do mesmo em cortes cárneos e em frigoríficos de cinco Estados, comprovando a disseminação do microrganismo no país.

A presença de *C. estertheticum*, em carnes tufadas brasileiras, também foi constatada por FELIPE (2008) e BUENO (2009). Entretanto, FELIPE (2008) observou altas contagens de *Enterobacteriaceae*, o que sugere uma ação conjunta desses microrganismos ou abuso de temperatura de refrigeração.

Uma alternativa industrial para reduzir os casos de tufamento tem sido a utilização de ferramentas de qualidade. Dentre as inúmeras existentes destacam-se a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e a Análise de Risco. Apesar de serem desenvolvidas para minimizar riscos à saúde pública, HOORNSTRA et al. (2001) acreditam em sua utilização para controle de microrganismos deteriorantes, que são geralmente mais resistentes e causadores de *recalls* (remoção do mercado) e reclamações dos consumidores.

O Sistema APPCC é uma ferramenta qualitativa, baseada em uma forma sistemática de identificar e analisar os perigos associados à produção de alimentos e definir maneiras para controlá-los. Foi criado na década de 50, na Grã-Bretanha, para ser empregado nas indústrias químicas. Nos anos 60 e 70, foi extensivamente usado para segurança de alimentos pela NASA e, somente em 1997, o *Codex Alimentarius* estabeleceu as diretrizes para a sua aplicação (HULEBAK et al., 2002; FURTINI & ABREU, 2006).

Esse sistema é composto por sete princípios/etapas: Análise dos Perigos, Identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCC), Estabelecimento dos Limites Críticos, Procedimentos de Monitoração, Medidas Corretivas, Procedimentos de Verificação e Procedimento de Registro. O APPCC visa à segurança alimentar por meio da análise e controle de perigos (FAO, 1999).

A Análise de Risco por sua vez, é uma ferramenta de qualidade, de caráter essencialmente quantitativo, com o primeiro manual oficial para alimentos lançado em 2008 pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), através da *Joint FAO/WHO expert meetings on microbiological risk assessment* (JEMRA) (FAO, 2008). Tal ferramenta tem como objetivo geral assegurar a proteção da saúde pública, sendo seu processo constituído por três componentes: Avaliação de Risco, Gerenciamento de Risco e Comunicação de Risco. Assim, o processo de Análise de Risco, emerge como um modelo estruturado para melhorar o sistema de controle alimentar visando produzir alimentos seguros, reduzir o número de doenças e facilitar o comércio internacional de alimentos (WHO, 2006).

Segundo a FAO (1995), a Avaliação de Riscos consiste na avaliação científica e sistemática de conhecidos ou potenciais efeitos adversos à saúde, dependendo do grau de exposição aos perigos. Conceitua, ainda, Gerenciamento de Riscos como processo de aceite, minimização ou redução do risco avaliado, selecionando opções apropriadas para serem implementadas. Já a Comunicação de Riscos, é um processo interativo de trocas de informações e opiniões a respeito de risco entre assessores, gerenciadores e partes interessadas.

A inserção de Avaliação de Risco no sistema APPCC tem sido utilizada por alguns autores para conseguir quantificar riscos. A criação dessa ferramenta tem se mostrado válida para patógenos (BUCHANAN, 1995; NOTERMANS & JOUVE, 1995; NOTERMANS & MEAD, 1996) e deteriorantes (HOORNSTRA et al., 2001).

O APPCC é uma ferramenta de gerenciamento de segurança alimentar aplicada em uma linha de produção, a um determinado produto (GIACCONE & FERRI, 2005). Quanto a Avaliação de Risco, essa abrange todos os produtos alimentícios similares no mercado, não se restringindo a uma linha de produção (REIJ & VAN SCHOTHORST, 2000).

A Avaliação de Risco e o APPCC são conceitos comumente confundidos, uma das razões é o fato de ambas possuírem o perigo como foco na primeira etapa, Identificação de Perigo e Análise de Perigo, respectivamente (COLEMAN & MARKS, 1999).

Um sistema eficiente, que garanta o gerenciamento de deteriorantes envolvidos em tufamento, deve conter as vantagens do Sistema APPCC, como praticidade e clareza das etapas, e as características da Avaliação de Riscos, que possibilitam estimar os riscos de contaminação e deterioração.

Acredita-se que a união dessas ferramentas de qualidade possa permitir a quantificação de risco de tufamento no sistema APPCC, facilitando a tomada de decisão e o gerenciamento. Acredita-se também que facilitaria na identificação e controle dos PCCs do APPCC, pois essas ações são de difícil execução, quando considerados os microrganismos capazes de causar esse tipo de deterioração, devido à escassez de dados sobre o assunto. A identificação incorreta dos PCCs pode levar ao controle incorreto na linha de produção, possibilitando a contaminação da carne durante o processo.

Neste contexto, para auxiliar na solução desses problemas, recorrem-se às Redes Bayesianas, que podem ser usadas na construção de Sistemas Especialistas Probabilísticos (SEP). A utilização destas redes em sistemas de qualidade é uma prática inovadora, que possibilita prever possíveis contaminações, por meio do cálculo das probabilidades, em função de conhecimentos já existentes (DIAS, 2004).

Os SEP baseiam-se em conhecimentos, fatos e regras definidas por um especialista humano, em um determinado domínio de aplicação, que auxiliam no processo de diagnóstico ou decisão. Esses sistemas devem ter a capacidade de resolver problemas, que requerem o conhecimento de um especialista, por meio de um modelo computacional (DIAS, 2004; SAHEKI, 2005; QUADROS, 2006).

O conhecimento do especialista, nos SEP, é representado como um conjunto de probabilidades, a *priori*, a *posteriori* e condicionais. O mecanismo de inferência aplica a teoria da probabilidade juntamente com o teorema de Bayes, por meio do cálculo da probabilidade de cada resultado, quando dada uma descrição (DIAS, 2004).

As Redes Bayesianas são constituídas por “nós”, a partir dos quais, são definidas as variáveis e seus atributos (parte qualitativa) e tabelas (parte quantitativa), caracterizadas por valores de probabilidades associadas às variáveis. Os arcos da parte qualitativa representam as relações de dependência entre as variáveis do domínio modelado, sendo que se houver um arco indo de um “nó” A para um “nó” B, assume-se que o “nó” A representa uma causa de B e adota-se como nomenclatura que A é um dos pais de B; analogamente, B é um dos filhos de A (ROQUE-SPECHT, 2002).

Para exemplificar a maneira como se constitui a parte qualitativa da rede, pode-se considerar que um microrganismo patógeno (variável A), quando ingerido, teria a capacidade de causar diarreia (variável B). A interface gráfica desse exemplo está apresentada na Figura 1.

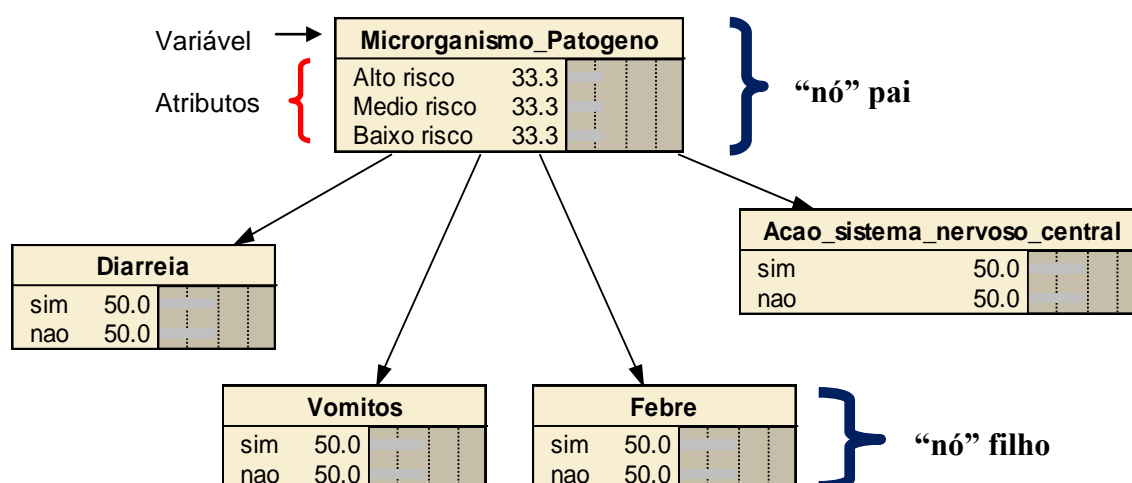


FIGURA 1- Interface gráfica (estrutura qualitativa) de uma Rede Bayesiana fundamentada em Doença Veiculada por Alimento para classificação do risco para patógenos alimentares.

* As probabilidades apresentadas são meramente ilustrativas, pois não foi realizado nenhum estudo para sua obtenção. Logo, não devem ser consideradas.

Fonte: Acervo pessoal

A parte quantitativa das Redes Bayesianas é constituída por tabelas com probabilidades marginais, que correspondem às probabilidades *a priori*, ou

seja, às dos “nós” sem pais, e por tabelas com probabilidades condicionais (TPC), que dependem ou estão condicionadas as dos seus respectivos pais (SAHEKI, 2005).

A representação da parte quantitativa de uma Rede Bayesiana encontra-se na Figura 2, com as probabilidades marginais referentes ao “nó” pai *Microrganismo_Patogeno* e com as probabilidades condicionais referentes ao “nó” filho *Acao_sistema_nervoso_central*.

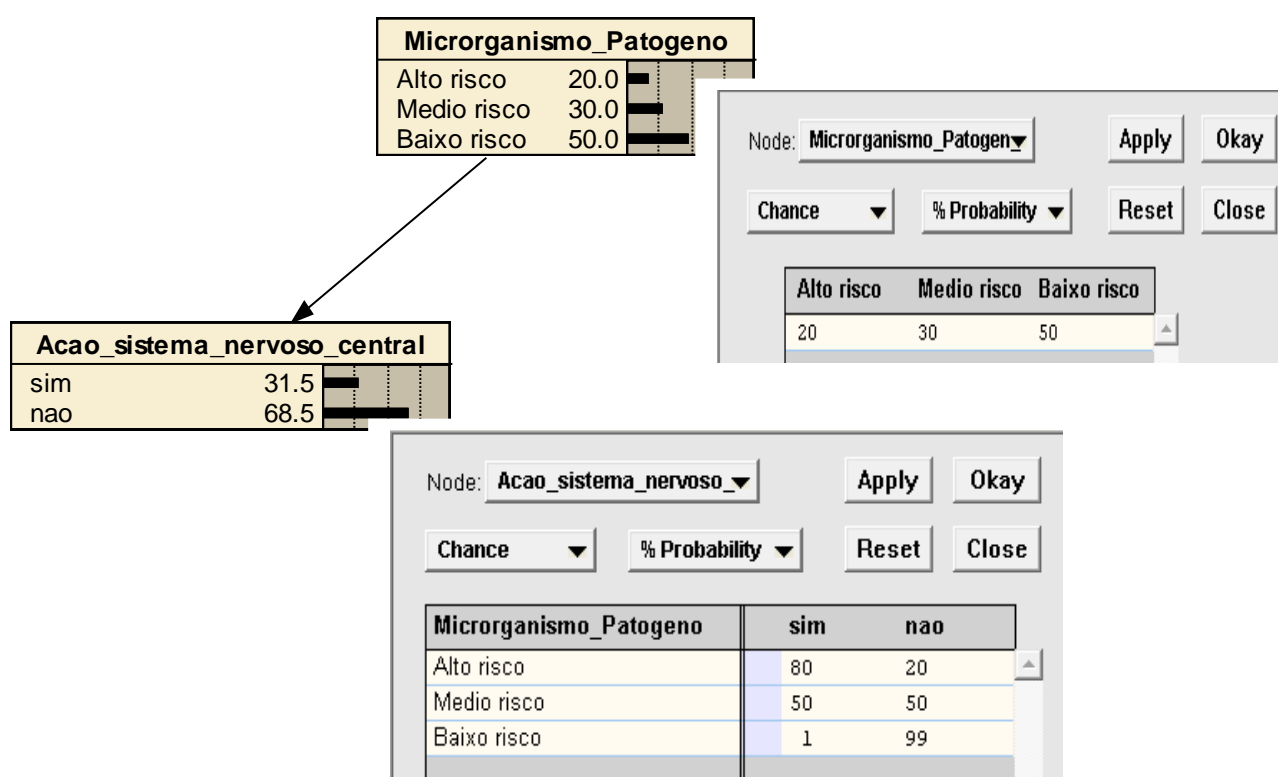


FIGURA 2 – Ilustração das tabelas de probabilidades de uma Rede Bayesiana fundamentada em Doença Veiculada por Alimento para classificação do risco para patógenos alimentares. As tabelas que se encontram ao lado dos “nós” foram extraídas do programa *Shell Netica*.

* As probabilidades apresentadas são meramente ilustrativas, pois não foi realizado nenhum estudo para sua obtenção.

Fonte: Acervo pessoal

A Estatística Bayesiana permite a representação numérica do grau de certeza sobre um evento e possibilita condicionar o evento A em função da ocorrência de B, dada a teoria de probabilidades. Assim sendo, O Teorema de Bayes é uma regra de atualização de probabilidades sobre o espaço amostral, partindo de uma distribuição *a priori* para a distribuição *a posteriori* usando a informação contida nos dados conhecida por função de verossimilhança (PORTELLA, 2007).

Teorema de Bayes:

$$P(A_i/B) = \frac{P(A_i) \cdot P(B/A_i)}{\sum_{j=1}^k P(A_j) \cdot P(B/A_j)}$$

Onde: $P(A_i/B)$ é a probabilidade de A_i dado o evento B , ou seja, a *posteriori*; $P(A_i)$ é a probabilidade *a priori* de A_i na ausência de qualquer evidencia específica; $P(B/A_i)$ representa a probabilidade do evento B dado A_i .

Os “nós” observados são importantes no processo de inferência da rede, pois juntamente com as probabilidades condicionais determinam as probabilidades dos “nós” não observados. As probabilidades marginais de cada “nó” não observado são as de maior interesse. Utilizando a probabilidade conjunta, podem-se obter as probabilidades marginais somando, para cada estado de cada variável, todas as probabilidades em que a variável se encontra, no estado desejado. Em seguida, as probabilidades obtidas são normalizadas e obtêm-se as probabilidades marginais para cada “nó” (SAHEKI, 2005).

Um exemplo de inferência na Rede Bayesiana seria a seleção, no sistema proposto anteriormente, dos “nós” observados, ou seja, os sintomas dos indivíduos com infecção alimentar, com a obtenção das probabilidades marginais do “nó” pai (risco do Microrganismo_Patogeno). A interface gráfica, com as probabilidades, da inferência descrita encontra-se na Figura 3.

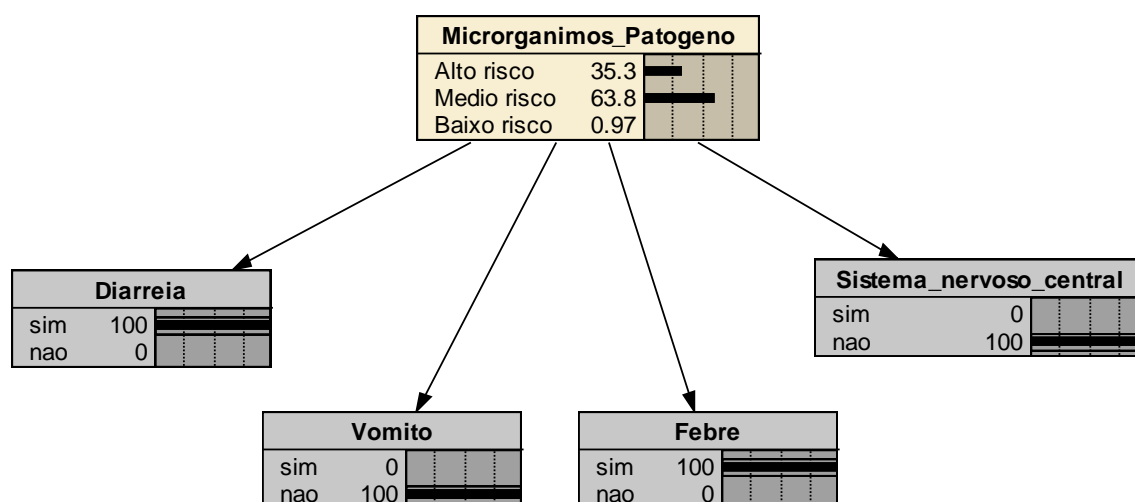


FIGURA 3 – Interface gráfica, com as probabilidades, relativa ao processo de inferência na rede, para os sintomas observados no paciente, obtendo o risco do microrganismo patógeno.

* As probabilidades apresentadas são meramente ilustrativas, pois não foi realizado nenhum estudo para sua obtenção.

Fonte: Acervo pessoal

Uma característica importante das Redes Bayesianas é que, quando não se tem o dado ou fato suficiente para mensurar a frequência de um evento, sua probabilidade pode ser atribuída por intermédio de um julgamento humano (SMID et al., 2010). Está é a visão epistemológica ou subjetiva, onde a probabilidade é interpretada como um grau de crença pessoal, uma possibilidade acerca das chances de que certo evento aconteça que pode ser independentemente da experimentação (SIU & KELLY, 1998; DIAS, 2004).

As Redes Bayesianas têm sido usadas na Avaliação de Risco de forma limitada, para fazer inferência acerca da incerteza e da variabilidade (POUILLOT et al., 2003), assim como para identificar e descrever parâmetros na predição microbiana (CRÉPET et al., 2009). Entretanto, o modelo *Biotrancing* propiciou a utilização de seus atributos na Avaliação de Risco.

A *biotraceability* é vista como a habilidade de usar as poucas informações de fluxo para apontar materiais, processos ou ações, dentro de uma cadeia alimentar particular/específica, que podem ser identificados como fonte de "agentes indesejáveis" (BARKER et al., 2009). O objetivo é identificar as origens

dos perigos nos alimentos, possuindo assim um modelo que pode responder a perguntas no sentido inverso da ordem da cadeia de processamento. Possibilita identificar em que ponto do fluxo de produção provavelmente ocorreu a contaminação ou a multiplicação microbiana, mesmo depois do alimento pronto (SMID et al., 2010; HOORFAR et al., 2011).

A incorporação da Avaliação de Risco e das Redes Bayesianas ao APPCC permite a obtenção de um modelo de gerenciamento de qualidade, que quantifica riscos microbiológicos associados ao tufamento e aos prováveis riscos de contaminação nos Pontos de Controle e Pontos Críticos de Controle para esses microrganismos.

Diante do exposto, objetivou-se com a realização do presente trabalho propor um sistema de apoio à decisão de gerenciamento de risco de *Clostridium estertheticum*, em cortes cárneos embalados a vácuo e no fluxograma de abate de bovinos, por meio da classificação e quantificação de riscos.

REFERÊNCIAS

1. ABIEC. **Associação Brasileira de Importadores e Exportadores de Carne.** Disponível em: http://www.abiec.com.br/estatisticas_relatorios.asp. Acessado em: 20 de abril. 2011.
2. BARKER, G.C.; GOMEZ, N.; SMID, J. An introduction to biotracing in food chain systems. **Trends in Food Science & Technology**, v.20, p. 220-226, 2009.
3. BLIXT, Y.; BORCH, E. Using an electronic nose for determining the spoilage of vacuum packaged beef. **International Journal of Food Microbiology**, v.46, p.123-134, 1999.
4. BOEREMA, J. A.; BRODA, D. M.; BELL, R. G. Abattoir sources of psychrophilic clostridia causing blow pack spoilage of vacuum-packed chilled meats determined by culture based and molecular detection procedures. **Letters in Applied Microbiology**, v.36, p.406-411, 2003.
5. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; COOK, R.L. The Microbiology of Blown Packs. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 28., 1994, New Zealand. **Fresh meat**, p.467-471, 1994.[artigo]
6. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; BELL, R.G.; BRAGGINS, T.J.; COOK, R.L. Psychrotrophic *Clostridium* spp. associated with 'blown pack' spoilage of chilled vacuum-packed red meats and dog rolls in gas-impermeable plastic casings. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p. 335-352, 1996.
7. BRODA, D. M.; SAUL, D. M.; LAWSON, P. A.; BELL, R. G.; MUSGRAVE, D. R. *Clostridium gasigenes* sp. nov., a psychrophile causing spoilage in vacuum-packed meat. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.50, p.107-118, 2000.
8. BRODA, D.M.; BELL, R.G.; BOEREMA, J.A.; MUSGRAVE, D.R. The abattoir source of culturable psychrophilic *Clostridium* spp. causing 'blown pack' spoilage of vacuum packed chilled venison. **Journal of Applied Microbiology**, v.93, p.817-824, 2002.
9. BUENO, C. P. **Caracterização molecular e isolamento de clostrídios psicrófilos e psicrotróficos associados a deterioração de carnes refrigeradas embaladas a vácuo.** 2009. 90f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
10. BUCHANAN, R. The role of microbiological criteria and risk assessment in HACCP. **Food Microbiology**, London, v. 12, p. 421- 424, 1995.
11. CHAVES, R. D. **Avaliação microbiológica e do potencial de estufamento por bactérias ácido lácticas e enterobactérias em cortes bovinos embalados a vácuo.** 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
12. COLEMAN, M.E.; MARKS, H.M. Qualitative and quantitative risk assessment. **Food Control**, v. 10, p. 289-297, 1999.

13. CRÉPET, A.; STAHL, V.; CARLIN, F. Development of a hierarchical Bayesian model to estimate the growth parameters of *Listeria monocytogenes* in minimally processed fresh leafy salads. **International Journal of Food Microbiology**, v. 131, p. 112–119, 2009.
14. DIAS, J.S. **Raciocínio Médico e Abordagem Bayesiana: um estudo de caso**. 2004. 87f. Tese (Tese para professor titular) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.
15. ERCOLINI, D.; RUSSO, F.; TORRIERI, E.; MASI, P.; VILLANI, F. Changes in the Spoilage-Related Microbiota of Beef during Refrigerated Storage under Different Packaging Conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, n.7, p. 4663–4671, jul. 2006.
16. FAO - Food and Agriculture Organization – **Application of risk analysis of food standards issues**. Geneva, 1995. 43p.
17. FAO - Food and Agriculture Organization - **Principles and guidelines for the conduct of Microbiological Risk Assessment**, Rome, 1999. 6p.
18. FAO - Food and Agriculture Organization- **Risk Analysis** - Disponível em: http://www.fao.org/ag/agn/agns/jemra_background_en.asp. Acessado em: 5. abr. 2008.
19. FELIPE, L.M. **Associação de bactérias da família *Enterobacteriaceae* e *Clostridium estertheticum* com a deterioração “blown pack” em cortes cárneos embalados a vácuo**. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
20. FURTINI, L.L.R.; ABREU, L.R. Utilização de APPCC na Indústria de Alimentos. **Ciência Agrotecnica de Lavras**, v.3, n.2, p.368-363, 2006.
21. GIACCONE, V.; FERRI, M. Microbiological quantitative risk assessment and food safety: An update. **Veterinary Research Communications**, v.29, p.101–106, 2005.
22. GILL, C.; TAN, K.H. Effect of Carbon Dioxide on Growth of Meat Spoilage Bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v.39, n.2, p. 317-319, fev. 1980.
23. GIL, J.I. **Manual de Inspeção Sanitária de Carnes**. 2ed. Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. 485p.
24. HANNA, M.O; SMITH, G.C.; HALL, L.C.; VANDERZANT, C. Role of *Hafnia alvei* and *Lactobacillus* species in the spoilage of vacuum-packaged striploin steaks. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v.42, n.7, p. 569-571, 1979.
25. HOLLEY, R.A.; McKELLAR, R.C. Influence of unsliced delicatessen meat freshness upon bacterial growth in subsequently prepared vacuum packed slices. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p. 297-309, 1996.
26. HOORFAR, J.; WAGNER, M; JORDAN, K.; BOUQUIN, S.L.; SKIBY, J. Towards biotracing in food chains. **International Journal of Food Microbiology**, v.145, p.1–4, 2011.

27. HOORNSTRA, E.; NORTHOLT, M.D.; NOTERMANS, S.; BARENDSZ, A.W. The use of quantitative risk assessment in HACCP. **Food Control**, v.12, p.229-234, 2001.
28. HULEBAK, K. L.; SCHLOSSER, W. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) history and conceptual overview. **Risk Analysis**, v. 22, n.3, p. 547-552, 2002.
29. McMULLEN, L.M.; STILES, M.E. Quality of fresh retail pork cuts stored in modified atmosphere under temperature conditions simulating export to distant markets. **Meat Science**, v.38, p.163-177, 1994.
30. MERGEN, I.Z. **Estudos da perda de vácuo em embalagens plásticas multicamadas para produtos cárneos curados cozidos**. 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
31. MOSCHONAS, G.; BOLTON, D.J.; SHERIDAN, J.J.; McDOWELL, D.A. The effect of storage temperature and inoculums level on the time of onset of 'blown pack' spoilage. **Journal of Applied Microbiology**, p.532-539, 2010.
32. NOTERMANS, S.; JOUVE, J.L. Quantitative risk analysis and HACCP: some remarks. **Food Microbiology**, v.2, p.425-429, 1995.
33. NOTERMANS, S.; MEAD, G.C. Incorporation of elements of quantitative risk analysis in the HACCP system. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.30, n.1-2, p.157-173, 1996.
34. OLIVEIRA, L.M.; SARANTÓPOULOS, C.I.G.L.; CUNHA, D.G.; LEMOS, A.B. Embalagens Termoformadas e Termoprocessáveis para Produtos Cárneos Processados. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.16, n.3, p.202-210, 2006.
35. PARDI, M.C; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: UFG, 2006. 586p.
36. PORTELLA, A.C.F. **Modelagem do efeito antagônico de *Lactobacillus* sobre *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* pela análise de sobrevivência com enfoque bayesiano**. 2007. 123f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos)- Universidade Federal do Paraná, Paraná.
37. POUILLOT, R.; ALBERT, I.; CORNU, M.; DENIS, J.B. Estimation of uncertainty and variability in bacterial growth using Bayesian inference: application to *Listeria monocytogenes*. **International Journal of Food Microbiology**, v.81, n.2, p.87-104, 2003.
38. QUADROS, M.R.R. **Confecção de um sistema de apoio a decisão para acompanhamento nutricional de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica**. 2006. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.
39. RAUECKER, U. N. ***Clostridium estertheticum* e *C. gasigenes* em carne resfriada, carcaças, equipamentos e ambiente de matadouros-frigoríficos de diferentes estados brasileiros**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)- Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

40. REIJ, M.W.; VAN SCHOTHORST, M. Critical notes on microbiological risk assessment of food. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.31, p.01-08, 2000.
41. ROQUE-SPECHT, V.F. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para o aumento da segurança alimentar** – estudo de caso em uma indústria de laticínios. 2002. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
42. SAHEKI, A.H. **Construção de uma Rede Bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas**. 2005. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecatrônica) – Faculdade Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
43. SIU, N.O.; KELL, D.L. Bayesian parameter estimation in probabilistic risk assessment. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 62, p.89–116, 1998.
44. SMID, J.H.; VERLOO, D.; BARKER, G.C.; HAVELAAR, A.H. Strengths and weaknesses of Monte Carlo simulation models and Bayesian belief networks in microbial risk assessment. **International Journal of Food Microbiology**, v. 139, p.57–63, 2010.
45. SPRING, S.; MERKHOFFER, B.; WEISS, N.; KROPPESTEDT, R. M.; HIPPE, H.; STACKEBRANDT, E. Characterization of novel psychrophilic clostridia from Antarctic microbial mat: description of *Clostridium frigoris* sp. nov., *Clostridium lacusfryxellense* sp. nov., *Clostridium bowmanii* sp. nov., and *Clostridium psychrophilum* sp. nov. and reclassification of *Clostridium laramiense* as *Clostridium estertheticum* subsp. *laramiense* subsp. nov. **International journal of systematic and Evolutionary Microbiology**, v.53, p.1019-1029, 2003.
46. SUMNER, J.; ROSS, T.; JENSON, I.; POINTON, A. A risk microbiological profile of the Australian red meat industry: Risk ratings of hazard–product pairings. **International Journal of Food Microbiology**, v.105, p.221–232, 2005.
47. WHO - World Health Organization. Food Safety Risk Analysis- **A Guide for National Food Safety Authorities**, Rome, 2006. 119p.
48. YANG, X.; BALAMURUGAN, S.; GILL, C.O. Substrate utilization by *Clostridium estertheticum* cultivated in meat juice medium. **International Journal of Food Microbiology**, v.128, p. 501–505, 2009.

CAPÍTULO 2 – SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RISCOS MICROBIOLÓGICOS PARA TUFAMENTO EM CARNE EMBALADA A VÁCUO SOB REFRIGERAÇÃO

Resumo: O tufamento de carnes embaladas a vácuo é um processo de deterioração que causa a distensão da embalagem impossibilitando sua comercialização. O gerenciamento desse problema é importante, entretanto é difícil de ser realizado, surgindo assim à necessidade do desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão do gestor. O objetivo desse trabalho foi propor, através de um Sistema Especialista Probabilístico, um modelo de classificação e quantificação de risco microbiológico de tufamento em cortes cárneos embalados a vácuo, sob refrigeração. O sistema foi baseado em Redes Bayesianas e Avaliação de Risco e utilizou-se para sua proposição o programa *Shell Netica*. Os “nós” filhos foram estabelecidos a partir das características microbiológicas utilizadas para elaborar uma Avaliação de Risco (identificação do perigo, avaliação da exposição e caracterização do perigo). A etapa de caracterização de risco aparece como “nó” pai, contendo a probabilidade e a classificação do risco. A relação entre os “nós” (variáveis) foi estabelecida através dos arcos. As probabilidades inseridas no programa foram obtidas após reuniões com especialista da área. Para avaliação do desempenho do sistema proposto, foi estabelecido um padrão-ouro, baseado em um questionário respondido por dois especialistas. Concluído o sistema especialista, esse foi simulado com as principais características de cada microrganismo usualmente incriminados em tufamento e apresentou-se satisfatório. Ao analisar os resultados constatou-se alto risco de tufamento para *Clostridium estheticum* subsp. *estertheticum*, *Enterobacteriaceae* e ácido láctico; e médio risco para *Clostridium gasigenes* e *Clostridium estheticum* subsp. *laramiense*.

Palavras-chave: Avaliação de Risco, deteriorantes, Redes Bayesianas

MICROBIOLOGICAL RISK CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION SYSTEM FOR BLOWN PACK IN VACUUM-PACKED CHILLED MEAT

Abstract: Blown Pack of vacuum-packed chilled meat is a process of deterioration that leads to pack distention, making impossible its trading. The management of this problem is important; however, it is difficult to be carried out. Therefore, It is needed the development of a support tool for the manager's decision. The aim of this work was to propose, with a Probabilistic Expert System, a classification and quantification model for microbiological risk for blown pack of vacuum-packed chilled meat at refrigeration. The system was based on Bayesian Networks and Risk Assessment and used for its proposition *Shell* Netica program. The children nodes were established from microbiological characteristics that were used to elaborate a Risk Assessment (hazard identification, exposure assessment and hazard characterization). The risk characterization stage appeared as a parent node, containing the probability and the risk classification. The relationship between the nodes (variables) was established by arcs. The input probabilities in the program were obtained from experts on the area after some meetings. In order to assess the proposed system performance, it was set a gold pattern, based on a questionnaire answered by two experts. Concluding the specialist system, it was simulated with the main characteristics of each microorganism found in blown pack and it was satisfactory. Analyzing the results, it was verified high risk for blown pack for *Clostridium estheticum* subsp. *estertheticum*, *Enterobacteriaceae* and lactic acid; medium risk for *Clostridium gasigenes* and *Clostridium estertheticum* subsp. *laramiense*.

Keywords: Bayesian Networks, Risk Assessment, Spoilage

INTRODUÇÃO

As carnes refrigeradas embaladas a vácuo são deterioradas primordialmente por microrganismos anaeróbios, dentre os quais destacam-se as bactérias ácido lácticas, *Enterobacteriaceae*, *Brochothrix thermosphacta* e alguns *Clostridium*.

A deterioração por tufamento de carnes refrigeradas embaladas a vácuo, mais conhecida como *blown pack*, é caracterizada por abundante produção de gás, que provoca a completa distensão da embalagem durante o processo de estocagem sob refrigeração (BRODA et al., 1996). A Figura 1 ilustra o tufamento de um corte cárneo embalado a vácuo armazenado sob refrigeração.



FIGURA 1 – Corte cárneo bovino refrigerado embalado a vácuo apresentando deterioração com tufamento, com intensa produção de gás e exsudação.

Fonte: MARRA (2010)

Os principais microrganismos incriminados em tufamento pertencem à família *Enterobacteriaceae*, quando ocorre abuso de temperatura (HANNA et al. 1979), e ao gênero *Clostridium*, psicotróficos e psicofílicos (BRODA et al., 1996), principalmente sob refrigeração (4°C). Entretanto, contagens altas de bactérias

ácido lácticas também são usualmente verificadas nessas peças (BRODA et al., 1996; FELIPE, 2008).

RAUECKER (2007) avaliou a presença de *Clostridium estertheticum* em carnes tufadas e constatou que 82% das amostras foram positivas para esse microrganismo.

FELIPE (2008) avaliou o tufamento em carnes embaladas a vácuo e observou que aproximadamente 78% das amostras analisadas possuíam contagens superiores a 10^5 UFC/mL (exsudato) para *Enterobacteriaceae* e maiores que 10^7 UFC/mL para ácido lácticas. O autor encontrou ainda a presença de *C. estertheticum* em 85% das amostras deterioradas.

BUENO (2009) identificou os principais *Clostridium* associados ao tufamento de embalagens de carnes refrigeradas brasileiras, neozelandesas e inglesas. O autor constatou que o principal agente causador do tufamento de carnes brasileiras era o *Clostridium estertheticum*-like e para amostras inglesas era o *Clostridium estertheticum* subsp. *estertheticum*. Além disso, afirmou que os clostrídios psicrófilicos e psicrotróficos são os microrganismos anaeróbios deteriorantes mais associados aos processos de tufamento de embalagens a vácuo e alteração das carnes refrigeradas, não importando a espécie animal.

Considerando os estudos relatados, a classificação e quantificação do risco de contaminação da carne por esses microrganismos seria de grande interesse e valor para os estabelecimentos de abate. Existem alguns métodos que realizam essa quantificação microbiológica, sendo a Avaliação de Risco, um dos componentes da Análise de Risco, muito reconhecida e utilizada para os principais patógenos.

Todavia, HOORNSTRA et al. (2001) defendem a utilização de Avaliação de Risco também para deteriorantes, pois esses microrganismos são mais resistentes e promovem alterações nos alimentos que geram grandes reclamações e *recalls* (remoção do mercado).

A Avaliação de Risco é constituída por quatro componentes: Identificação do Perigo, Avaliação da Exposição, Caracterização do Perigo e Caracterização do Risco.

A Identificação do Perigo microbiológico é, predominantemente, uma abordagem qualitativa e tem por objetivo identificar os microrganismos, agentes

biológicos, ou as toxinas microbianas capazes de causar efeitos adversos à saúde e que podem estar presentes em um determinado alimento ou grupo de alimentos (FAO, 1995; NOTERMANS et al., 1996; FAO, 1999).

Os perigos podem ser identificados a partir de relevantes fontes de dados como a literatura científica, a indústria de alimentos, as agências governamentais e as organizações internacionais. Informações também podem ser encontradas em estudos clínicos e epidemiológicos. As investigações sobre as características dos microrganismos, a interação entre os mesmos e as fontes de contaminação são importantes para a identificação do perigo (VAN SCHOTHORST, 2002).

A Avaliação da Exposição é uma estimativa qualitativa e/ou quantitativa da probabilidade da ingestão de agentes biológicos presentes nos alimentos. O objetivo final desse componente é o de estimar o nível de agentes perigosos num alimento no momento do consumo (NOTERMANS et al., 1998). Deverá também, indicar a unidade de alimento que é de interesse, ou seja, o tamanho da porção incriminada nos casos de doença aguda (DUFF et al., 2006; COFFEY et al., 2008).

Os fatores que devem ser considerados para a Avaliação da Exposição incluem a frequência de contaminação dos alimentos pelo agente patogênico e dos seus níveis nos gêneros alimentícios. Esses fatores são influenciados pela ecologia microbiana dos alimentos e a contaminação inicial das matérias-primas, incluindo considerações de diferenças regionais e de sazonalidade de produção. São influenciados, também, pelos níveis de saneamento e controle dos processos, métodos de tratamento, embalagem, distribuição e armazenamento dos alimentos (LAMMERDING & FAZIL, 2000). Outros fatores que devem ser considerados são os padrões de consumo, isto diz respeito às condições sócio-econômicas e culturais, à sazonalidade e à idade (FAO, 1999).

A presença e a multiplicação dos microrganismos nos alimentos são influenciadas por fatores intrínsecos e extrínsecos. São fatores extrínsecos relevantes, o processamento, a embalagem, o armazenamento, a temperatura, a umidade relativa do ambiente e a composição gasosa da atmosfera. Dentre os intrínsecos aos alimentos destacam-se o pH, teor de umidade, atividade água, nutrientes, presença de substâncias antimicrobianas e a microbiota concorrente.

Para inserir todos estes fatores na Avaliação da Exposição a microbiologia preditiva torna-se uma ferramenta útil (NOTERMANS & MEAD, 1996; FAO, 1999; HOORNSTRA et al., 2001).

A Caracterização do Perigo fornece uma descrição qualitativa ou quantitativa da gravidade e duração dos efeitos adversos que podem resultar da ingestão de um microrganismo ou de suas toxinas nos alimentos. Nesse sentido, uma avaliação da dose-resposta deve ser realizada se os dados forem insuficientes, podendo ser usada para estimar a quantidade, número, de patógenos que provocam doença (DUFF et al., 2006).

Segundo HOORNSTRA et al. (2001), quando a Caracterização do Perigo for usada para microrganismos deteriorantes, deve-se considerar a quantidade de microrganismos necessária para que ocorram as alterações.

Existem vários fatores microbianos que precisam ser considerados na Caracterização do Perigo, sendo esses inerentes a sua capacidade de: multiplicação; esporulação; transferência de material genético para outros microrganismos, responsáveis pela modificação de características, tais como a resistência aos antibióticos e fatores de virulência; entre outros (FAO, 1999; VOYSEY & BROWN, 2000).

A Caracterização de Risco representa a integração da Identificação do Perigo, Avaliação da Exposição e Caracterização do Perigo para a obtenção da Estimativa de Risco (FAO, 1999). Tem como objetivo fornecer uma estimativa quantitativa ou qualitativa da probabilidade e severidade dos efeitos adversos que podem ocorrer em uma determinada população, incluindo uma descrição das incertezas associadas a essas estimativas (NOTERMANS et al., 1998; WHO, 2008). As Estimativas de Risco podem ser avaliadas por meio da comparação de dados epidemiológicos independentes que relacionam perigos com a prevalência de doenças (FAO, 1999; DUFF et al., 2006).

Para FAO (1999), a Caracterização de Risco permite apenas uma Estimativa Qualitativa de Risco, mesmo que as etapas anteriores tenham fornecido dados quantitativos. Entretanto, segundo WHO (2006, 2009), quando a Estimativa do Risco é qualitativa, deve-se realizar uma classificação, como por exemplo, alta, média ou baixa. Quando se apresenta de forma quantitativa, tem-se uma estimativa em termos numéricos, como por exemplo: distribuições da

frequência acumulada do risco por porção, risco anual das populações visadas, ou riscos relativos para os diferentes alimentos ou diferentes patógenos.

O grau de confiança no final da Estimativa de Risco dependerá da variabilidade e incerteza pressupostas, identificadas em todas as etapas anteriores (WHO, 2006). A variabilidade inclui as diferenças de patogenicidade microbiana e as diferenças de suscetibilidade da população humana.

A incerteza está associada com os próprios dados, incluindo os provenientes da avaliação e da extrapolação das informações obtidas a partir de estudos epidemiológicos, microbiológicos e em animais de laboratório. Incertezas surgem sempre que são feitas tentativas de utilizar dados relativos à ocorrência de certos fenômenos, obtidos sob um conjunto de condições, para fazer estimativas ou previsões sobre fenômenos prováveis de ocorrer, no âmbito de outros conjuntos de condições, para os quais não há dados disponíveis. A incerteza também pode estar associada à escolha do modelo (FAO, 1999).

A Caracterização do Risco facilitaria a tomada de decisão e controle do tufamento em carnes bovinas embaladas a vácuo, entretanto seria necessário um número grande de especialistas para sua elaboração. O desenvolvimento de um sistema de predição de risco poderia resultar em redução de contaminação e facilidade de diagnosticar o risco.

Sabe-se que os Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) ou Sistemas Especialistas (SE) auxiliam profissionais na tomada de decisão e são utilizados para reduzir as incertezas. São programas que simulam a inteligência humana e os conhecimentos de um especialista, podendo contribuir e facilitar na elaboração da Estimativa do Risco (NASSAR, 2007).

O SAD pode ser elaborado utilizando Redes Bayesianas, as quais utilizam o Teorema de Bayes para indicar as probabilidades condicionais de um dado efeito caso outro ocorra (DORO et al., 2009). Existem ferramentas/*softwares* utilizados para expressar uma Rede Bayesiana e seu raciocínio probabilístico, dentre eles se destaca o *Shell Netica* (BELTRÃO, 2005; NASSAR, 2007).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho propor um sistema de classificação e quantificação de risco microbiológico, para deteriorantes causadores de tufamento em carne refrigerada embalada a vácuo, empregando-se conceito de Avaliação de Risco e Redes Bayesianas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a criação do sistema especialista de avaliação de risco para tufamento da embalagem de carne refrigerada foi utilizado o programa *Shell Netica*, da NORSYS (1995), baseado em Redes Bayesianas.

Visando estabelecer as relações na Rede Bayesiana de “causa e efeito” ou “causa-diagnóstico-sintoma”, para esse tipo de deterioração, foram fixados:

- O nó pai, com as probabilidades marginais, denominado como Tufamento, contendo o risco de cada microrganismo causar deterioração, sendo este baseado na Caracterização do Risco, definida como a reunião das informações da Avaliação da Exposição e Caracterização do Perigo;
- Os nós filhos, com as probabilidades condicionais, baseados em Avaliação da Exposição, que compreende as características intrínsecas e extrínsecas da multiplicação de cada microrganismo (HOORNSTRA et al., 2001; ROQUE-SPECHT et al., 2007) e
- Os nós filhos, com as probabilidades condicionais, relacionados às consequências do tufamento, baseados na Caracterização do Perigo, que se constitui da quantidade de microrganismos observados quando há deterioração, características da deterioração e tempo necessário para ocorrência do tufamento (HOORNSTRA et al., 2001; ROQUE-SPECHT et al., 2007).

Paralelamente, foi elaborada uma lista de microrganismos indicados na literatura científica como os principais causadores de deterioração em carnes embaladas a vácuo, com maior enfoque nos incriminados em tufamento. Esta lista serviu de base para elaboração de um quadro contendo as principais características de multiplicação e deterioração desses microrganismos (ROQUE-SPECHT, 2002). A criação do Quadro 1 auxiliou na elaboração dos nós e ordenação dos arcos relacionados às causas e consequências do tufamento (ROQUE-SPECHT et al., 2007).

A estrutura do sistema proposto, com suas variáveis, atributos e arcos, apresentou-se conforme Figura 2.

QUADRO 1 - Principais microrganismos relacionados à deterioração da carne embalada a vácuo e armazenada sob refrigeração.

Microrganismos		Deteriorante	Temperatura (°C)			Demanda de oxigênio	Incriminação em tufamento (UFC/g ou mL)	Produtor de gás	Tempo necessário para tufamento
			Min.	Otim.	Máx.				
	<i>Brochothrix thermosphacta</i> ¹	sim	0	20-25	30	Anaeróbio facultativo	-	sim	-
BAL*	<i>Carnobacterium</i> spp. ²	sim	< 0	20-25	37	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	fracamente	População máxima 2 semanas
	<i>Lactobacillus</i> spp. ²	sim	< 0	20-25	37	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	fracamente	População máxima 3 semanas
	<i>Leuconostoc</i> spp. ²	sim	< 0	20-25	37	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	moderadamente (CO ₂)	População máxima 10 semanas
Clostridium	<i>C. estertheticum laramiense</i> ³	sim	< 0	15	21	Anaeróbio estrito	10 ⁵	sim	4-6 semanas
	<i>C. estertheticum estertheticum</i> ³	sim	< 0	6-8	13	Anaeróbio estrito	10 ⁵	sim	4-6 semanas
	<i>C. gasigenes</i> ³	sim	- 1,5	20-22	26	Anaeróbio estrito	-	sim	12 semanas
Entero.	<i>Hafnia alvei</i> ⁴	pat. e det.	2,6	20-25	37	Anaeróbio facultativo	10 ⁶	sim	3 semanas
	<i>Serratia liquefaciens</i> ⁴	pat. e det.	1,7	20-25	37	Anaeróbio facultativo	-	sim	3 semanas

1. *B. thermosphacta*: BLICKSTAD (1983); GILL (1986), HOYLE (2005); BORCH et al.(1996); ERCOLINI et al. (2006).

2. BAL = Bactérias ácido lácticas: SHAW & HARDING (1984); BORCH & MOLIN (1989); McMULLEN & STILES (1994); BORCH et al. (1996); HOLLEY & McKELLAR (1996); JONES (2004).

3. *Clostridium* spp: BRODA et al. (1994); BRODA et al. (1996); BRODA et al. (2000); SPRING et al. (2003); FELIPE (2008); RAUECKER (2008); BUENO (2009).

4. Entero = *Enterobacteriaceae*: HANNA et al. (1979); McMULLEN & STILES (1994); BORCH et al. (1996); RIDDEL & KORKEALA (1997); LABADIE (1999); BRIGHTWELL et al. (2007); FELIPE (2008).

* Os valores apresentados para temperaturas mínima, ótima e máxima, podem variar, pois as subespécies possuem características específicas (DABA et al., 1993; KRIER et al., 1998; LEISNER et al., 2007; ERCOLINI et al., 2009)

(-) valor não informado na literatura

pat. e det. = patógeno e deteriorante

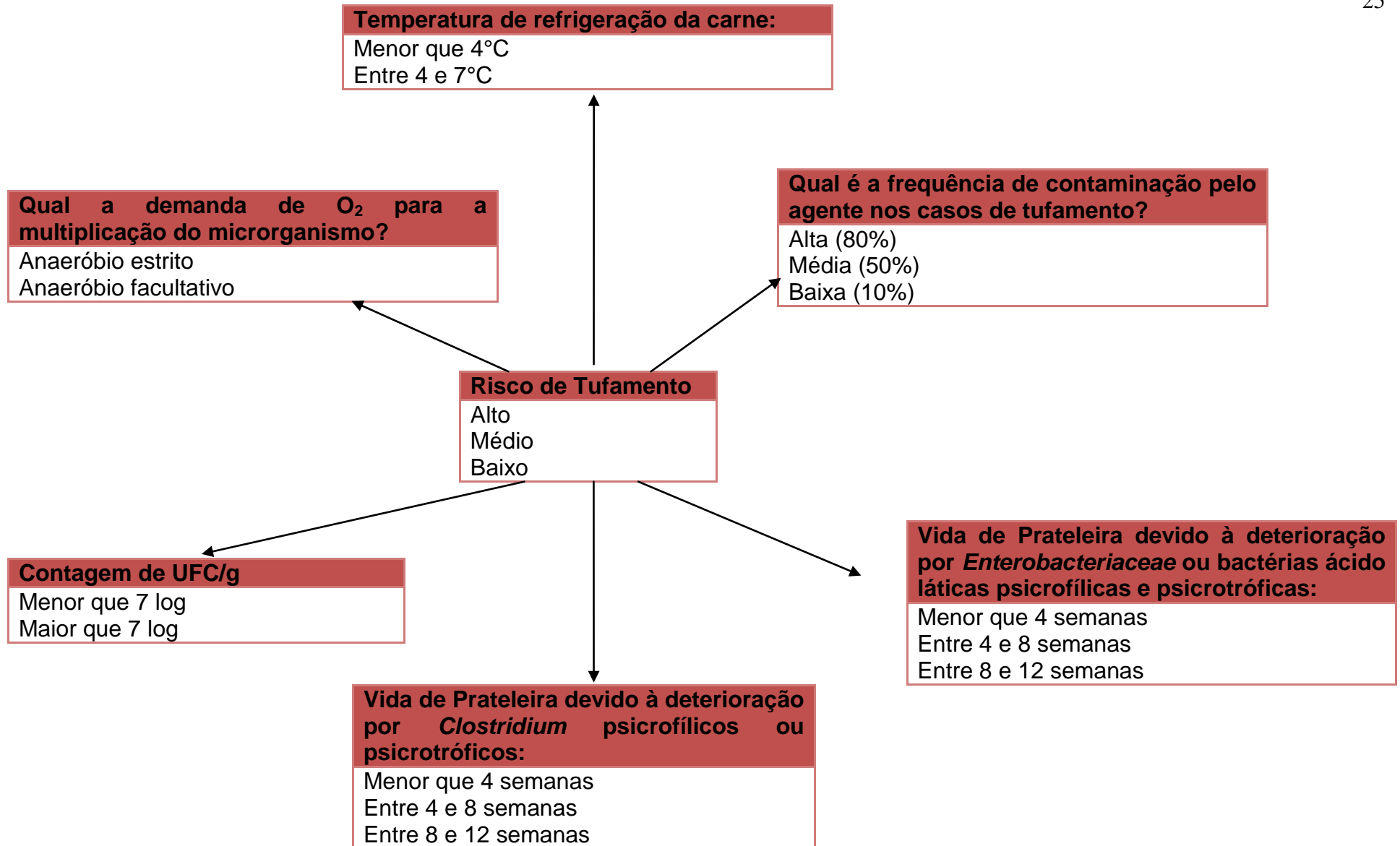


FIGURA 2 - Estrutura do sistema de classificação e quantificação de risco de tufamento para cortes cárneos embalados a vácuo armazenados sob refrigeração

As probabilidades para cada nó, utilizadas para inserção direta no programa, foram estabelecidas após várias reuniões com um especialista (SAHEKI, 2005; QUADROS, 2006) e baseadas na literatura. O especialista possui doutorado em Higiene e Tecnologia de Alimentos, com tese elaborada em caracterização molecular de *Clostridium estertheticum*, e com elevada experiência em controle de qualidade em matadouros-frigoríficos, atuando na área há aproximadamente dez anos.

O trabalho contou com a participação de especialistas da área, pertencentes ao quadro de docentes da Universidade Estadual de Goiás e Universidade Federal de Goiás, doutores em Higiene e Tecnologia de Alimentos, assim como de fiscais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

O sistema classificou o risco, para cada microrganismo, de produzir tufamento em alto, médio (moderado) ou baixo. Utilizou-se, como critério de risco, a seguinte classificação:

- Alto Risco: alta probabilidade de ocorrência e/ou alta severidade do efeito - tufamento.
- Médio Risco: média probabilidade de ocorrência e/ou média severidade do efeito - rompimento de vácuo.
- Baixo Risco: baixa probabilidade de ocorrência e/ou baixa severidade do efeito - apenas formação de bolhas.

Para avaliação do desempenho do sistema proposto foi elaborado um padrão-ouro. Este foi construído por meio de questionário-resposta, disponível no Apêndice 1, submetido a dois especialistas, contendo 15 casos que representavam a Avaliação da Exposição e Caracterização do Perigo. Quando não havia consenso nas respostas, essas eram debatidas, entre os especialistas, até a construção do padrão, conforme recomendado por QUADROS (2006).

Os especialistas que auxiliaram na construção do padrão-ouro não contribuíram na inserção das probabilidades no programa *Shell Netica*. Eram Fiscais do MAPA, habilitados em matadouro-frigorífico de bovinos, com mestrado em Ciência Animal, na área de Sanidade Animal. Um deles é docente na UEG na disciplina de microbiologia e parasitologia.

O programa MedCalc[®] (2009) foi utilizado para realizar a discriminação dos diagnósticos, ao verificar a possibilidade de sobreposição da distribuição das

respostas. Considerou-se como discriminação perfeita de diagnósticos, ou seja, com 100% de especificidade e sensibilidade, os resultados que apresentaram área sob a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) igual a 1 (ZWEIG & CAMPBELL, 1993).

As características de cada microrganismo, contidas no Quadro 2, foram simuladas no sistema proposto, em duas condições de armazenamento, a temperaturas menores que 4°C e entre 4 e 7°C.

Vale ressaltar que o sistema proposto tem como pré-requisito para simulação, a utilização de microrganismos psicrófilicos e/ou psicrotróficos produtores de gás, uma vez que os cortes cárneos obrigatoriamente têm de ser acondicionados sob refrigeração e o tufamento só ocorre pelo acúmulo de gás.

QUADRO 2 - Características dos principais microrganismos deteriorantes utilizadas para simulação no sistema proposto

	Microrganismos	Produtor de gás	Demanda de oxigênio	Contagem em UFC/g ou mL	Frequência de contaminação	Vida de prateleira
	<i>Brochotrix thermosphacta</i> ¹	sim	Anaeróbio facultativo	-	baixa	-
BAL	<i>Carnobacterium</i> spp. ²	sim	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	alta	Menor que 4 semanas
	<i>Lactobacillus</i> spp. ²	sim	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	alta	Menor que 4 semanas
	<i>Leuconostoc</i> spp. ²	sim	Anaeróbio facultativo	10 ⁸	alta	Entre 8 e 12 semanas
Clostridium	<i>C. estertheticum laramiense</i> ³	sim	Anaeróbio estrito	10 ⁵	média	Entre 4 e 8 semanas
	<i>C. estertheticum estertheticum</i> ³	sim	Anaeróbio estrito	10 ⁵	alta	Entre 4 e 8 semanas
	<i>C. gasigenes</i> ³	sim	Anaeróbio estrito	-	baixa	Entre 8 e 12 semanas
Entero	<i>Hafnia alvei</i> ⁴	sim	Anaeróbio facultativo	10 ⁶	alta	Menor que 4 semanas
	<i>Serratia liquefaciens</i> ⁴	sim	Anaeróbio facultativo	-	alta	Menor que 4 semanas

1. *B. thermosphacta*: BLICKSTAD (1983); GILL (1986), HOYLE (2005); BORCH et al. (1996); ERCOLINI et al. (2006).

2. BAL = Bactérias ácido lácticas: SHAW & HARDING (1984); BORCH & MOLIN (1989); McMULLEN & STILES (1994); BORCH et al. (1996); HOLLEY & McKELLAR (1996); JONES (2004).

3. *Clostridium* spp: BRODA et al. (1994); BRODA et al. (1996); BRODA et al. (2000); SPRING et al. (2003); FELIPE (2008); RAUECKER (2008); BUENO (2009).

4. Entero = *Enterobacteriaceae*: HANNA et al. (1979); McMULLEN & STILES (1994); BORCH et al. (1996); RIDDEL & KORKEALA (1997); LABADIE (1999); BRIGHTWELL et al. (2007); FELIPE (2008);

(-) Valor não informado na literatura

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interface gráfica do sistema de classificação e quantificação do risco de tufamento pode ser visualizada na Figura 3, com as relações entre os nós estabelecidos pelos arcos. No Apêndice 2 encontram-se as probabilidades inseridas no programa para os nós condicionais e o marginal.

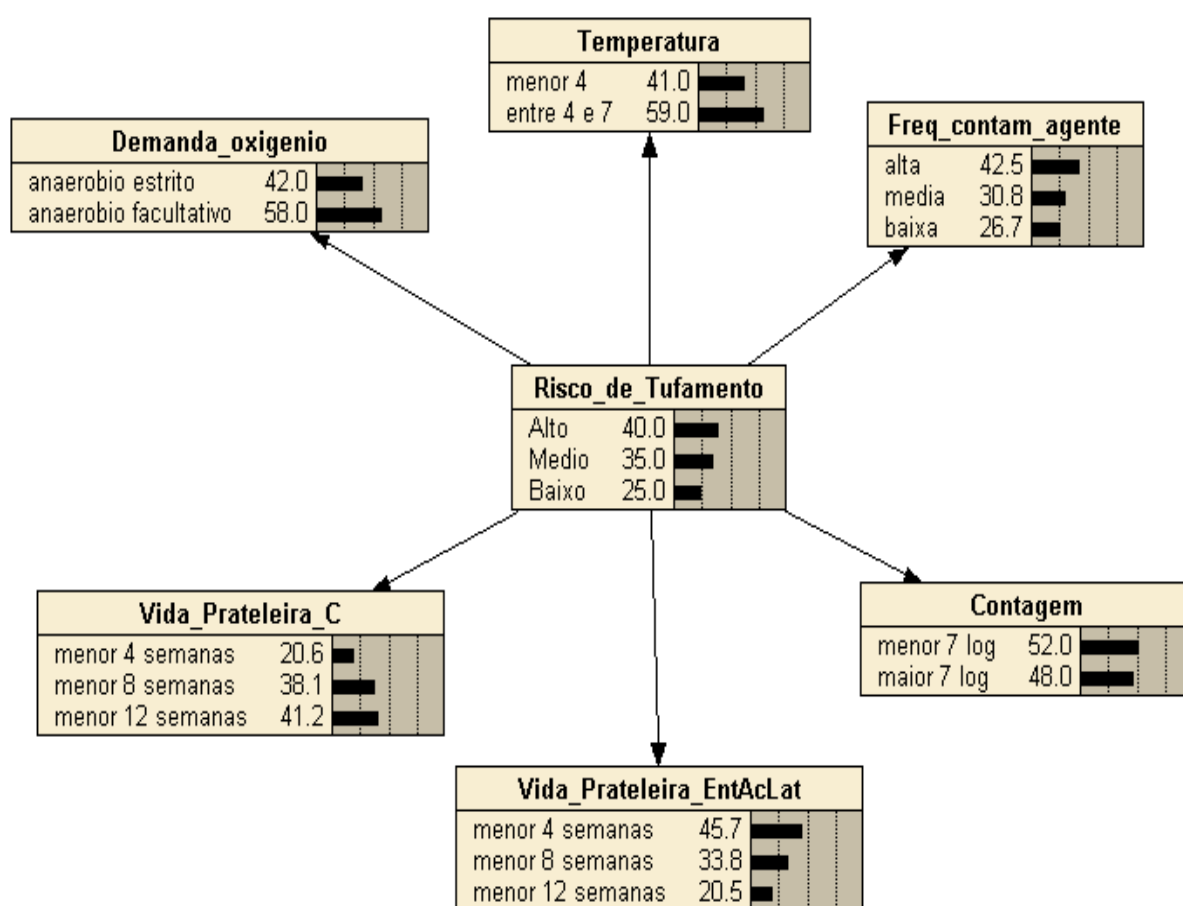


FIGURA 3 - Interface gráfica do sistema de classificação e quantificação de risco de tufamento para cortes cárneos embalados a vácuo armazenados sob refrigeração, após inserção das probabilidades.

*A interface gráfica ilustra as relações de dependência entre as variáveis e apresenta os valores de probabilidade inseridos no programa. Os títulos (ou descrição) das variáveis e dos atributos encontram-se na Figura 1, haja vista que o programa *Shell Netica* não permite a inserção de muitos caracteres.

Para verificação do desempenho do sistema proposto foi utilizada a curva ROC e a análise de sensibilidade e especificidade. Esses resultados encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 - Sensibilidade e especificidade do sistema proposto, de classificação e quantificação de risco de tufamento em carnes embaladas a vácuo e armazenadas sob refrigeração

Avaliação \ Teste	Risco de Tufamento		
	Alto	Médio	Baixo
Especificidade	100%	100%	100%
Sensibilidade	100%	100%	100%
Área abaixo da curva ROC	1	1	1
95% intervalo de confiança	0,78-1	0,78-1	0,78-1
Ponto de corte	>43,5	>39,2	>25,6

Nota-se na Tabela 1 que tanto a sensibilidade como a especificidade do sistema proposto são altas, assegurando resultados confiáveis e de considerável expressão da realidade, o que facilita sobremaneira a estimação do risco de tufamento das embalagens.

A alta sensibilidade e especificidade poderiam ser explicadas pelo número reduzido de variáveis no sistema e pela alimentação do programa realizada por apenas um especialista. Essas condições facilitam a obtenção de repostas e reduzem as incertezas (DIAS, 2004).

A curva ROC teve importante papel na avaliação do desempenho do sistema proposto, pois ao observar o valor da área abaixo da curva ROC constata-se que não há sobreposição das distribuições dos diagnósticos no sistema, expressando elevada sensibilidade e especificidade. O ponto de corte para cada atributo foi estabelecido buscando equilíbrio entre a sensibilidade e especificidade, como pode ser observado na Figura 4 para o atributo médio risco.

A Tabela 2 apresenta os resultados da simulação, no sistema desenvolvido, para as espécies de microrganismos constantes no Quadro 2. Eles foram obtidos levando-se em consideração duas condições de armazenamento, a diferentes temperaturas: menor que 4°C e entre 4 e 7°C.

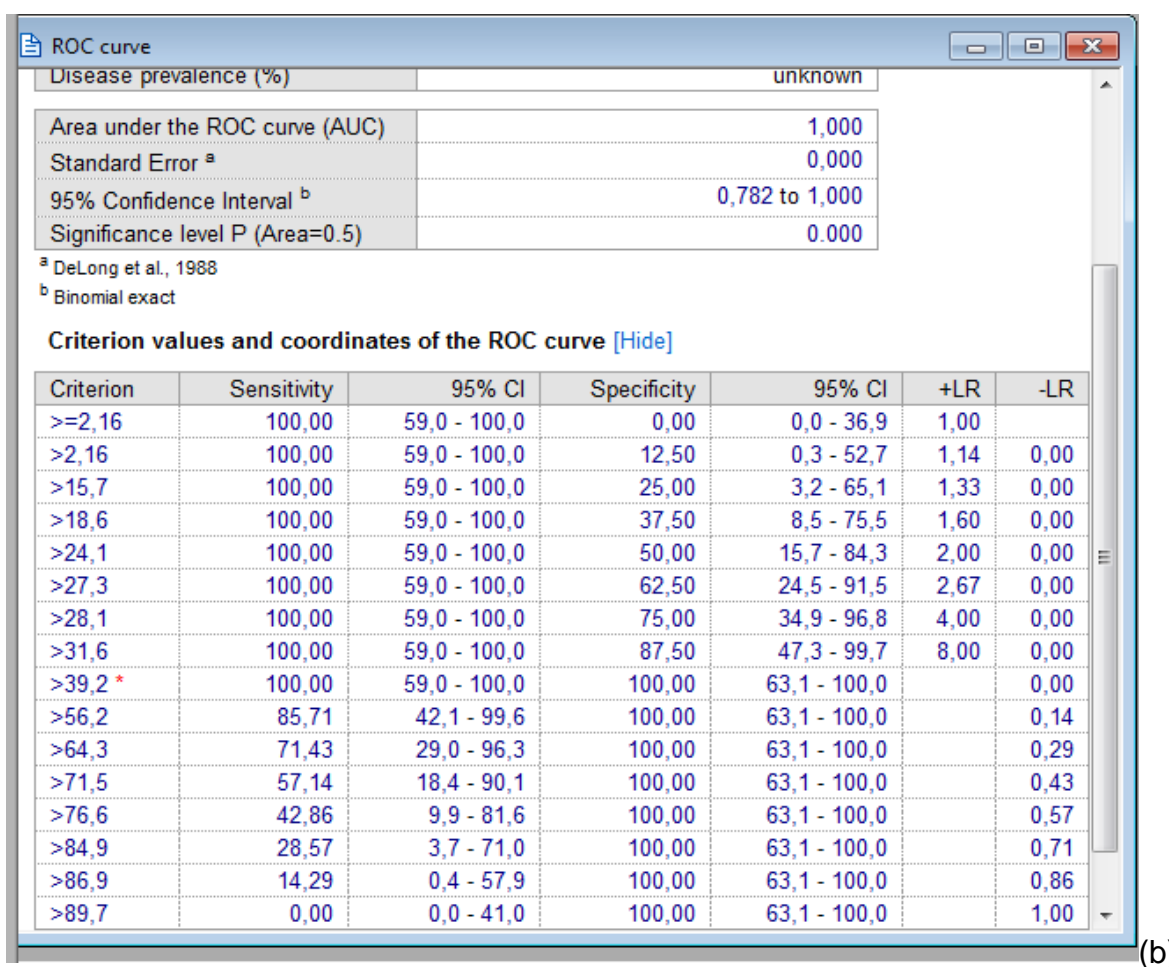
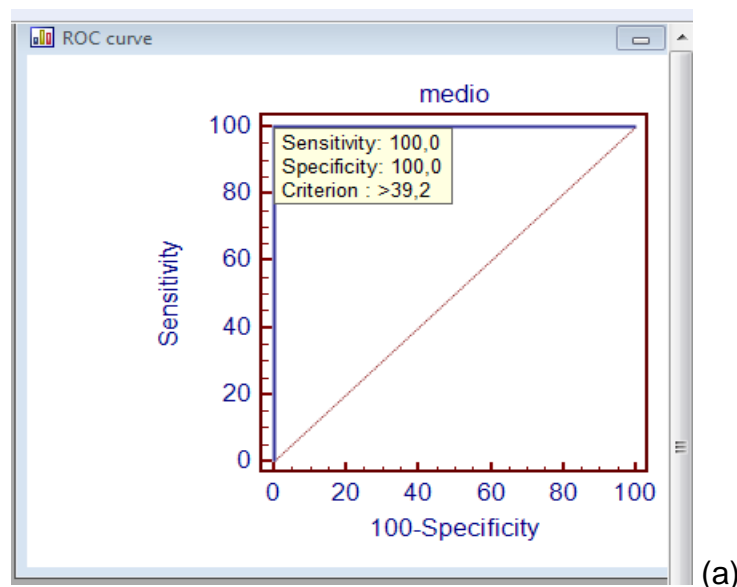


Figura 4 – Curva ROC gerada no programa MedCalc para o atributo médio risco, quando comparado com o padrão-ouro; (a) curva ROC; (b) dados obtidos pela construção da curva ROC.

Criterion = as respostas obtidas após simulação dos casos na rede; *Criterion= ponto de corte, ou seja, máxima especificidade e sensibilidade, usado para identificar quais valores acima desse

podem ser empregados como resposta para esse atributo; Sensitivity = sensibilidade; Specificity = especificidade; AUC = área abaixo da curva ROC; 95% de confidence interval = intervalo de confiança.

Quando observados os resultados da simulação para *B. thermosphacta*, nas duas condições de acondicionamento, constata-se que esse microrganismo não oferece alto risco de tufamento, uma vez que suas probabilidades encontram-se no baixo risco, 97,8 e 68%, respectivamente, mas pode constituir um auxiliar do processo de distensão da embalagem, mas não o causador.

Esses resultados são corroborados por GILL (1986) e RUSSO et al. (2006). Os autores consideram *B. thermosphacta* um deteriorante secundário de carnes frescas embaladas a vácuo, quando em anaerobiose estrita, já que as alterações sensoriais são significativas apenas em condição de aerobiose. É válido ressaltar que a condição de anaerobiose estrita é observada na maioria dos casos de tufamento, pois a composição gasosa desse tipo de deterioração é caracterizada por 68% de CO₂ e 32% de H₂ (BRODA et al., 1996; HADORN et al., 2009; MOSCHONAS et al., 2010).

BRODA et al. (1996) ao analisarem carne embalada a vácuo, que apresentava tufamento, encontraram apenas uma amostra contaminada com *B. thermosphacta*, confirmando sua baixa incriminação nesse tipo de deterioração.

Segundo HOLLEY & GILL (2006), a multiplicação de *B. thermosphacta* é aumentada à medida que se aumenta a permeabilidade do filme, sendo assim mais um fator limitante para sua ação.

Em aerobiose, *B. thermosphacta*, produz uma grande variedade de compostos voláteis, destacando-se a acetoína, proveniente do metabolismo de carboidratos. Consideráveis quantidades de diacetil, butan-2,3-diol, 2-metilpropanol e 3-metilbutanol também são detectadas (STANLEY et al., 1981). Entretanto, em condições de anaerobiose seus principais catabólitos são o ácido láctico e o gás carbônico (BLICKSTAD, 1983).

Outro fator que reforça a ação coadjuvante de *B. thermosphacta*, na deterioração da carne embalada a vácuo, é a inibição de sua multiplicação por bactérias ácido lácticas (HOYLE, 2005). As ácido lácticas têm sido encontradas em altas contagens em cortes cárneos que apresentam tufamento como observado por DAINTY et al. (1989) e BRODA et al. (1996).

TABELA 2 – Simulação do risco de tufamento em cortes cárneos embalados a vácuo, para quatro grupos de microrganismos em duas condições de armazenamento.

		Armazenamento sem oscilação de temperatura (< 4°C)			Armazenamento com oscilação de temperatura (entre 4 e 7°C)				
		Risco (%)	Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	
Microrganismos	<i>Brochotrix thermosphacta</i>		0,18	0,16	97,8	0,45	31,6	68,0	
	<i>Carnobacterium</i> spp.		71,8	28,1	0,08	81,4	18,6	0,003	
	BAL* <i>Lactobacillus</i> spp.		71,8	28,1	0,08	81,4	18,6	0,003	
	<i>Leuconostoc</i> spp.		29,0	64,3	6,63	43,5	56,2	0,28	
	Clostridium	<i>C. estertheticum laramiense</i>		15,1	84,9	0,00	23,4	76,6	0,00
		<i>C. estertheticum estertheticum</i>		60,8	39,2	0,00	72,7	27,3	0,00
		<i>C. gasigenes</i>		7,83	89,7	2,44	13,0	86,9	0,11
	Entero**	<i>Hafnia alvei</i>		75,8	24,1	0,03	84,3	15,7	0,00
		<i>Serratia liquefaciens</i>		75,8	24,1	0,03	84,3	15,7	0,00

*BAL = Bactérias ácido lácticas

** Entero = *Enterobacteriaceae*

No presente estudo, as simulações para bactérias ácido lácticas, no sistema proposto, apresentam alto risco de tufamento, 71,8% e 81,4%, ou seja, alta probabilidade de ocorrência, quando observadas as condições utilizadas na simulação.

HANNA et al. (1979) comprovaram que *Lactobacillus* spp. heterofermentativos são capazes de produzir gás no interior da embalagem a vácuo quando estocados sob temperaturas de refrigeração (1 a 3°C) por três semanas. Assim, a presença de *Lactobacillus* em populações elevadas nas carnes tufadas pode ter contribuição significativa no processo de deterioração *blown pack*.

Todavia, *Leuconostoc* spp. apresentou menor risco de tufamento em relação às outras ácido lácticas, quando simulada suas características no sistema proposto, provavelmente devido ao seu maior tempo de geração, como sugerido por JONES (2004) e YANG et al (2009). Possivelmente sua ação deteriorante, com capacidade de auxiliar o processo de tufamento, esteja associada à multiplicação de outros microrganismos produtores de gás de igual período de geração como, por exemplo, os *Clostridium* spp.

Tal resultado é respaldado por BRODA et al. (1996), que analisaram cortes cárneos com tufamento, sendo encontradas contagens próximas a 7 log UFC/g de ácido lácticas e presença de *Clostridium* spp. psicrófilo, sugerindo a associação das características de deterioração dos microrganismos.

FELIPE (2008) avaliou a composição da microbiota de cortes cárneos, que haviam sido embalados a vácuo e apresentavam tufamento. O pesquisador constatou que aproximadamente 78% das amostras de exsudato analisadas possuíam contagens maiores que 10^5 UFC/mL para *Enterobacteriaceae* e maiores que 10^7 UFC/mL para bactérias ácido lácticas. Também foi observada a presença de *C. estertheticum* em 85% das amostras deterioradas.

Em experimento similar, YANG et al. (2009) identificaram a microbiota presente em carnes embaladas a vácuo com tufamento e verificaram que era composta por *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactococcus lactis*, *Carnobacterium maltaromaticum* e *C. estertheticum*, sendo que *C. maltaromaticum* predominou durante os primeiros estágios da deterioração e foi sucedido por *L.*

mesenteroides. Os autores afirmam que a queda do pH resultou em um fator inibidor da multiplicação de *C. estertheticum*.

É notório que as bactérias ácido lácticas não são grandes produtoras de gases, apesar de serem encontradas em elevado número em cortes cárneos com tufamento. Alguns autores relatam a deterioração da carne por essas bactérias sem, contudo, observar distensão da embalagem. Acredita-se que essas bactérias sejam auxiliares do processo de deterioração, pois multiplicam-se liberando metabólitos que alteram as características sensoriais, mas não são exclusivamente as responsáveis pela formação de tufamento.

Tal observação vai ao encontro dos resultados obtidos por LEISNER et al. (1995) que inocularam três bactérias ácido lácticas em carnes que foram embaladas a vácuo e mantidas a 2°C por dez semanas. *Carnobacterium maltaromicus*, *Lactobacillus sake* e *Leuconostoc gelidum* alcançaram a máxima população, respectivamente, em duas, três e dez semanas, sem, no entanto, apresentar tufamento.

JONES (2004) descreveu uma sucessão de dominância entre bactérias ácido lácticas em carne bovina embalada a vácuo e armazenada a -1,5°C por 16 semanas. Após quatro semanas, a população era composta predominantemente por *Carnobacterium divergens*, sendo sucedida até a décima segunda semana por *Leuconostoc mesenteroides* e *Lactobacillus delbrueckii*. O autor observou a formação de ácido láctico, ácido acético, ácido butírico e etanol, produtos do metabolismo que causam odor desagradável e acidificação, mas não tufamento.

Entretanto, CHAVES (2010) avaliou a composição da microbiota de carne bovina brasileira tufada e a capacidade desses microrganismos causar tal deterioração. As médias das contagens de bactérias ácido lácticas e *Enterobacteriaceae* encontradas para as carnes deterioradas ficaram em torno de 10⁸UFC/mL e 10⁶UFC/mL no exsudato, respectivamente. As principais bactérias isoladas foram *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Hafnia alvei*, *Serratia marcescens*, sendo que a *Hafnia alvei* predominou em 50% das amostras de carne embalada a vácuo. Os isolados de ácido lácticas e *Enterobacteriaceae* inoculados na carne foram capazes de causar tufamento, quando armazenados a 4 e 15°C.

Segundo McMULLEN & STILES (1994), as baixas temperaturas de refrigeração diminuem a multiplicação bacteriana e afetam a composição da microbiota da carne. Para esses autores a composição das bactérias ácido lácticas varia com a temperatura do armazenamento, assim, *Carnobacterium* spp. domina a microbiota da carne de suíno a $-1,5^{\circ}\text{C}$, enquanto *Lactobacillus* spp. homofermentativo, de 4°C a 7°C . A argumentação desses autores reforça a diferença de percentual de risco encontrada para esse grupo de bactérias, no presente estudo, quando simuladas diferentes temperaturas de refrigeração no modelo proposto. Os resultados demonstram aumento no risco de tufamento quando há elevação da temperatura.

Usualmente, a deterioração da carne refrigerada embalada a vácuo pode ser relacionada à elevação da temperatura durante o armazenamento, podendo ou não ser observado tufamento da embalagem. Espécies da família *Enterobacteriaceae*, como *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter aerogenes*, *Hafnia alvei*, têm sido isoladas em números significativos de carnes embaladas a vácuo com tufamento, após ter sido constatado o abuso da temperatura durante a estocagem (HANNA et al., 1979).

A deterioração e produção de gás em carnes bovinas frescas refrigeradas embaladas a vácuo, associadas a gêneros da família *Enterobacteriaceae*, geralmente são resultantes de abuso de temperatura durante a armazenagem do produto, notadamente em temperaturas superiores a 6°C (HOLLEY & GILL, 2006).

Entretanto, BRIGHTWELL et al. (2007) observaram formação de *blown pack*, em carne de carneiro, armazenada a 4°C por 21 dias, quando inoculadas de forma isolada as seguintes *Enterobacteriaceae*: *Enterobacter*, *Serratia* e *Hafnia*.

Esta observação é respaldada por McMULLEN & STILES (1994) e RIDELL & KORKEALA (1997). Os autores analisaram a temperatura mínima de multiplicação dessas bactérias e constataram que suportam temperaturas próximas a 0°C .

Os resultados expostos por HANNA et al. (1979); HOLLEY & GILL (2006); BRIGHTWELL et al. (2007) corroboram os ilustrados no presente trabalho, uma vez que as bactérias da família *Enterobacteriaceae* apresentaram alto risco

de tufamento (entre 75,8 e 84,3%) para temperaturas de armazenamento controladas e com oscilação.

FELIPE (2008) ao analisar a microbiota da carne deteriorada com *blown pack*, no Brasil, constatou um número elevado de *Enterobacteriaceae*, confirmando a possibilidade de esses estarem incriminados no tufamento de embalagens. O autor observou que 78% das amostras com tufamento apresentavam contagens acima de 10^6 UFC/mL para *Enterobacteriaceae*, composta por *Hafnia alvei*, *Enterobacter aerogenes*, *Serratia liquefaciens* e outros.

Na Tabela 2, pode-se observar o aumento do risco de tufamento quando há elevação da temperatura de armazenamento e quando a deterioração é provocada principalmente por *Enterobacteriaceae*, pois as espécies que compõem esta família apresentam maior facilidade de multiplicação em temperaturas mais elevadas. Essa afirmação foi comprovada por McMULLEN & STILES (1994) ao embalar carne bovina em atmosfera modificada e constatar que a multiplicação de *Enterobacteriaceae* foi reduzida drasticamente a $-1,5^{\circ}\text{C}$, mas estimulada a 4°C .

Ao analisar a Tabela 2, nota-se que os riscos de tufamento dos cortes cárneos embalados a vácuo referentes aos agentes *Clostridium estertheticum* e *Clostridium gasigenes* são alto e médio, respectivamente.

DAINTY et al. (1989) e KALCHAYANAND et al. (1989) relataram a ocorrência de tufamento em carnes embaladas a vácuo sob refrigeração ocasionadas por *Clostridium* spp. psicrófilico e/ou psicrotrófico. A incriminação desses microrganismos na determinação do tufamento se deve à detecção do agente em produtos armazenados a baixas temperaturas e baixas contagens de *Enterobacteriaceae*.

Resultados semelhantes foram encontrados por BRODA et al. (1996) ao analisarem cinco amostras de cortes cárneos com *blown pack*, compostas por carne de cervo, carneiro e bovina. Foram encontradas contagens próximas a $7 \log$ UFC/g de ácido láctico e baixas contagens de *Enterobacteriaceae*, $3 \log$ UFC/g, além de serem detectados *Clostridium* spp. psicrotróficos. Estes, quando inoculados em cortes cárneos, provocaram o tufamento das carnes armazenadas

em temperaturas de 1 a 2°C, por 8 semanas, e apresentaram contagens próximas a 6 log de UFC/g.

Observa-se, na Tabela 2, que o risco de tufamento por *C. estertheticum* subsp. *estertheticum* é maior que o do *C. estertheticum* subsp. *laramiense* e do *C. gasigenes*, devido à maior capacidade de multiplicação e tufamento do primeiro em temperaturas mais baixas. Tais observações são legitimadas por BRODA et al. (2002), ao analisarem a capacidade do *C. estertheticum* e *C. gasigenes* de causar tufamento quando inoculados em carne de servo embalada a vácuo e armazenada a 2°C. O *C. estertheticum* provocou a deterioração em cinco semanas, formando as primeiras bolhas no exsudato após 11 dias. Já o *C. gasigenes* provocou o aparecimento das primeiras bolhas após 15 dias e apresentou menor formação de gás.

Os resultados obtidos no presente estudo também são respaldados por MOSCHONAS et al. (2010), que estudaram a influência da temperatura e da contaminação inicial por *C. estertheticum* e *C. gasigenes* no tufamento da carne bovina embalada a vácuo. Os autores verificaram que uma contaminação inferior a 10 esporos/cm² de *C. estertheticum* subsp. *estertheticum*, *C. estertheticum* subsp. *laramiense* e *C. gasigenes* é capaz de causar tufamento nos cortes cárneos. O *C. estertheticum* subsp. *estertheticum* foi o microrganismo que determinou menor vida de prateleira, a 1°C, seguido pelo *C. estertheticum* subsp. *laramiense* e *C. gasigenes*, 34, 46 e 72 dias, respectivamente.

A maior ocorrência de *C. estertheticum* foi também observada por outros autores. RAUECKER (2007) analisou cortes cárneos com tufamento de algumas regiões do Brasil e observou 82% de positividade para *C. estertheticum* e apenas 19% para *C. gasigenes*. Resultados semelhantes foram obtidos por FELIPE (2008) ao analisar a composição bacteriana da deterioração com tufamento no Brasil. O autor encontrou 85% de positividade para *C. estertheticum* e 30% para *Clostridium gasigenes*.

A presença de *C. gasigenes* foi constatada por SILVA et al. (2011) em cortes cárneos brasileiros com e sem tufamento, sugerindo que mais de uma espécie de clostrídios psicrotóxicos pode estar associada a esse tipo de deterioração.

BUENO (2009) estudou a ocorrência de duas subespécies de *C. estertheticum* relacionadas ao tufamento de embalagens de carnes refrigeradas brasileiras e inglesas. O autor constatou que o principal agente causador do tufamento de carnes brasileiras era *Clostridium estertheticum* like e, para carnes inglesas, *Clostridium estertheticum* subsp. *estertheticum*. O pesquisador ainda relatou que todas as carnes encontravam-se com aspecto totalmente alterado, apresentando: coloração escura, às vezes esverdeada; grande quantidade de exsudato e odor desagradável “pútrido”, mesmo antes da abertura da embalagem, devido à grande produção de gás que, provavelmente, escapava pela solda da embalagem.

Ao analisar o risco de tufamento por *C. estertheticum*, na Tabela 2, nota-se aumenta à medida que eleva-se a temperatura de refrigeração. Esse achado encontra respaldo em SPRING et al. (2003), ao afirmarem que a temperatura ótima de multiplicação de *C. estertheticum* subsp. *estertheticum* encontra-se entre 6 e 8°C.

Esses resultados são confirmados por CLEMENS et al. (2010), ao avaliarem a influência da temperatura e da contaminação inicial por *C. estertheticum* no tufamento de carnes embaladas a vácuo. Os resultados demonstraram que há aumento significativo na vida de prateleira dos cortes armazenados a -1,5°C, quando comparados àqueles armazenados a 2°C, sendo observado tufamento aos 72 dias e aos 41 dias, respectivamente. Os autores afirmam que a higiene durante o abate reveste-se de grande importância, pois apenas um esporo de *C. estertheticum* pode representar risco de deterioração, tendo em vista que é capaz de causar tufamento em carne embalada a vácuo armazenada a -1,5°C por 45 dias.

Em estudo realizado por YANG et al. (2011), foi constatada a capacidade de somente 10 esporos/cm² de *C. estertheticum* causarem tufamento, em 23 dias, a cortes cárneos embalados a vácuo, quando armazenados a 4°C. Os autores observaram que a redução da temperatura de armazenamento aumenta a vida de estocagem a 33 dias, sob 1°C, e a 63 dias, sob -1,5°C.

CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido no presente estudo possibilita a avaliação do risco de tufamento em cortes cárneos embalados a vácuo, causado pelos principais microrganismos deteriorantes, podendo ser utilizado por indústrias para estimar tais probabilidades. O conhecimento prévio do risco de deterioração dos cortes cárneos auxilia o controle de qualidade da empresa a tomar decisões para exercer controle sobre o processo e garantir a conservação do produto.

A avaliação da rede, por meio da simulação, envolvendo as principais características de cada microrganismo incriminado em episódios de tufamento, revelou desempenho adequado e satisfatório, quando comparada aos resultados descritos na literatura científica.

REFERENCIAS

1. BELTRÃO, C. J. **Rede Bayesiana para predição do risco de infecção hospitalar em UTI – neonatal**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.
2. BLICKSTAD, E. Growth and end product formation of two psychrotrophic *Lactobacillus* spp. and *Brochothrix thermosphacta* ATCC 11509T at different pH values and temperatures. **Applied and Environmental Microbiology**, v.46, p.1345-1350, 1983.
3. BORCH, E.; MOLIN, G. The aerobic growth and product formation of *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Brochothrix* and *Carnobacterium* in batch cultures. **Apply Microbial Biotechnology**, v.30, p.81-88, 1989.
4. BORCH, E.; KANT-MUEMANSB, M.L.; BLIXT, Y. Bacterial spoilage of meat products and cured meat. **International Journal of Food Microbiology**, v.33, p.103-120, 1996.
5. BRIGHTWELL, G.; CLEMENS, R.; URLICH, S.; BOEREMA, J. Possible involvement of psychrotolerant *Enterobacteriaceae* in blown pack spoilage of vacuum-packaged raw meats. **International Journal of Food Microbiology**, p.334–339, 2007.
6. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; COOK, R.L. The Microbiology of Blown Packs. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 28., 1994, New Zealand. **Fresh meat**, p.467-471, 1994.[artigo]
7. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; BELL, R.G.; BRAGGINS, T.J.; COOK, R.L. Psychrotrophic *Clostridium* spp. associated with 'blown pack' spoilage of chilled vacuum-packed red meats and dog rolls in gas-impermeable plastic casings. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p. 335-352, 1996.
8. BRODA, D.M.; SAUL, D.M.; LAWSON, P.A.; BELL, R.G.; MUSGRAVE, D.R. *Clostridium gasigenes* sp. nov., a psychrophile causing spoilage in vacuum-packed meat. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.50, p.107-118, 2000.
9. BRODA, D.M.; BELL, R. G.; BOEREMA, J.A.; MUSGRAVE, D. R. The abattoir source of culturable psychrophilic *Clostridium* spp. causing 'blown pack' spoilage of vacuum packed chilled venison. **Journal of Applied Microbiology**, v.93, p.817–824, 2002.
10. BUENO, C. P. **Caracterização molecular e isolamento de clostrídios psicrófilos e psicrotróficos associados a deterioração de carnes refrigeradas embaladas a vácuo**. 2009. 90f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
11. CLEMENS, R.M.; ADAM, K.H.; BRIGHTWELL, G. Contamination levels of *Clostridium estertheticum* spores that result in gaseous spoilage of vacuum-packaged chilled beef and lamb meat. **Letters in Applied Microbiology**, v.50, p.591–596, 2010.

12. CHAVES, R.D. **Avaliação microbiológica e do potencial de estufamento por bactérias ácido lácticas e enterobactérias em cortes bovinos embalados a vácuo**. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
13. COFFEY, R. ; CUMMINS, E. ; WARD, S. Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk. **Food Control**, p.1-11, 2008.
14. DABA, H.; LACROIX, C.; HUANG, J.; SIMARD, R.E. Influence of growth conditions on production and activity of mesenterocin 5 by a strain of *Leuconostoc mesenteroides*. **Apply Microbiology Biotechnology**, v. 39, p.166-173, 1993.
15. DAINTY, R.H.; EDWARDS, R.A.; HIBBARD, C. M. Spoilage of vacuum-packed beef by *Clostridium* sp. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.49, p.473-486, 1989.
16. DORO, M.M.; DONATELLI, G.D.; SCHNEIDER, C.A. Redes Bayesianas para dar suporte ao planejamento da inspeção na produção em pequenos lotes. **Produto & Produção**, v.10, n. 2, p. 28-43, jun. 2009.
17. DUFFY, G.; CUMMINS, E.; NALLY, P.; BRIEN, S.; BUTLER, F. A review of quantitative microbial risk assessment in the management of *Escherichia coli* O157:H7 on beef. **Meat Science**, v.74, p.76–88, 2006.
18. ERCOLINI, D.; RUSSO, F.; TORRIERI, E.; MASI, P.; VILLANI, F. Changes in the Spoilage-Related Microbiota of Beef during Refrigerated Storage under Different Packaging Conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, n. 7, p. 4663–4671, jul. 2006.
19. ERCOLINI, D.; RUSSO, F.; NASI, A.; FERRANTI, P.; VILLANI, F. Mesophilic and Psychrotrophic Bacteria from Meat and Their Spoilage Potential In Vitro and in Beef. **Applied and Environmental Microbiology**, v.75, n.7, p.1990–2001, apr. 2009.
20. FAO - Food and Agriculture Organization – **Application of risk analysis of food standards issues**. Geneva, 1995. 43p.
21. FAO - Food and Agriculture Organization - **Principles and guidelines for the conduct of Microbiological Risk Assessment**, Rome, 1999. 6p.
22. FELIPE, L.M. **Associação de bactérias da família *Enterobacteriaceae* e *Clostridium estertheticum* com a deterioração “blown pack” em cortes cárneos embalados a vácuo**. 2008. 86f. Dissertação (Mestrado Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo.
23. GILL, C. O. The control of microbial spoilage in fresh meats. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T. R. **Advances in meat research: Meat and Poultry Microbiology**. Connecticut: AVI Publishing Company Incorporation, 1986. p.49-88, 1986.
24. HADORN, R.; SCHLÜCHTER, S.; COLLOMB, M.; BADERTSCHER, R.; HUMMERJOHANN, J. Gas formation in vacuum-packed beef - a new-old phenomenon? In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE &

TECHNOLOGY, 55., 2009, Copenhagen, Denmark. **Anais...** Denmark: University of Copenhagen, 2009. p.1-4.[artigo]

25. HANNA, M.O; SMITH, G.C.; HALL, L.C.; VANDERZANT, C. Role of *Hafnia alvei* and *Lactobacillus* species in the spoilage of vacuum-packaged striploin steaks. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 42, n.7, p. 569-571, 1979.

26. HOLLEY, R.A.; McKELLAR, R.C. Influence of unsliced delicatessen meat freshness upon bacterial growth in subsequently prepared vacuum packed slices. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p. 297-309, 1996.

27. HOLLEY, R.A.; GILL, C.O. **Usos da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos** [online]. 2006. Disponível em: www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/5.doc. Acessado em: 5 jan. 2007.

28. HOORNSTRA, E. ; NORTHOLT, M.D. ; NOTERMANS, S.; BARENDZ, A.W.. The use of quantitative risk assessment in HACCP. **Food Control**, v.12, p.229-234, 2001.

29. HOYLE, A.R. **Spoilage characteristics of ground beef with added lactic acid bacteria at abusive and refrigerated temperatures packaged in modified atmosphere and traditional packaging**. 2005. 149f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Texas Tech University, Estados Unidos.

30. JONES, R.J. Observations on the succession dynamics of lactic acid bacteria populations in chill-stored vacuum-packaged beef. **International Journal of Food Microbiology**, v.90, p. 273– 282, 2004.

31. KALCHAYANAND, N.; RAY, B.; FIELD, R.A.; JOHNSON, M.C. Spoilage of vacuum-packaged refrigerated beef by *Clostridium*. **Journal of Food Protection**, v.52, p.424-426, 1989.

32. KRIER, F.; REVOL-JUNELLES, A.M.; GERMAIN, P. Influence of temperature and pH on production of two bacteriocins by *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* FR52 during batch fermentation. **Apply Microbiology Biotechnology**, v. 50, p. 359-363, 1998.

33. LABADIE, J. Consequences of packaging on bacterial growth. Meat is an ecological niche. **Meat Science**, v. 52, p.299–305, 1999.

34. LAMMERDING, A.M.; FAZIL, A. Hazard identification and exposure assessment for microbial food safety risk assessment. **International Journal of Food Microbiology**, v.58, p. 147–157, 2000.

35. LEISNER, J.J.; GREER, G.G.; DILTS, B.D.; STILES, M.E. Effect of growth of selected lactic acid bacteria on storage life of beef stored under vacuum and in air. **International Journal of Food Microbiology**, v.26, p.231-243, 1995.

36. LEISNER, J.J.; LAURSEN, B.G.; PRÉVOST, H.; DRIDER, D.; DALGAARD, P. Carnobacterium: positive and negative effects in the environment and in foods. **FEMS Microbiology**, v. 31, p.592–613, 2007.

37. MARRA, K.N. **Deterioração blown pack da carne bovina refrigerada embalada a vácuo**, Goiânia: Departamento de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Goiás, 2010. 34p. [Seminário]

38. McMULLEN, L.M.; STILES, M.E. Quality of fresh retail pork cuts stored in modified atmosphere under temperature conditions simulating export to distant markets. **Meat Science**, v.38, p.163-177, 1994.
39. MEDCALC. **MedCalc**[®] [online], MedCalc Software, 2009. Disponível em: www.medcalc.org. Acessado em: 10 dez. 2009.
40. MOSCHONAS, G.; BOLTON, D.J.; SHERIDAN, J.J.; McDOWELL, D.A. The effect of storage temperature and inoculums level on the time of onset of 'blown pack' spoilage. **Journal of Applied Microbiology**, p.532-539, 2010.
41. NASSAR, S.M. **Tratamento de incerteza: sistema especialista probabilístico**. Santa Catarina: UFSC, 2007. 69p.
42. NORSYS. **Shell Netica** [online], Norsys Software Corp., 1995. Disponível em: www.norsys.com. Acessado em : 10 set. 2009.
43. NOTERMANS, S.; MEAD, G.C. Incorporation of elements of quantitative risk analysis in the HACCP system. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 30, n. 1-2, p.157-173, 1996.
44. NOTERMANS, S.; MEAD, G. C.; JOUVE, J. L. Food products and consumer protection: a conceptual approach and a glossary of terms. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 30, n. 1-2, p. 175-185, 1996.
45. NOTERMANS, S.; NAUTA, M.J.; JANSEN, J.; JOUVE, J.L.; MEAD, G.C. A risk assessment approach to evaluating food safety based on product surveillance. **Food Control**, Guildford, v. 9, n. 4, p. 217-223, 1998.
46. QUADROS, M.R.R. **Confecção de um sistema de apoio a decisão para acompanhamento nutricional de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica**. 2006. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.
47. RAUECKER, U. N. ***Clostridium estertheticum* e *C. gasigenes* em carne bovina refrigerada, equipamentos e ambiente de matadouros-frigoríficos de diferentes estados brasileiros**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
48. RIDELL, J.; KORKEALA, H. Minimum growth temperatures of *Hafnia alvei* and other *Enterobacteriaceae* isolated from refrigerated meat determined with a temperature gradient incubator. **International Journal of Food Microbiology**, v.35, p.287-292, 1997.
49. ROQUE-SPECHT, V.F. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para o aumento da segurança alimentar** – estudo de caso em uma indústria de laticínios. 2002. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
50. ROQUE-SPECHT, V.F.; CASTRO, J.E.; FIOD, M. Avaliação de risco quantitativa como uma ferramenta para a caracterização da segurança microbiológica de alimento. **Gestão da produção, Operações e Sistemas**, p.37-48, 2007.

51. RUSSO, F. ; ERCOLINI, D.; MAURIELLO, G. ; VILLANI, F. Behaviour of *Brochothrix thermosphacta* in presence of other meat spoilage microbial groups. **Food Microbiology**, p. 797-802, 2006.
52. SAHEKI, A.H. **Construção de uma Rede Bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas**. 2005. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecatronica) – Faculdade Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
53. SHAW, B.G.; HARDING, C.D. A numerical taxonomic study of lactic acid bacteria from vacuum-packed beef, pork, lamb and bacon. **Journal Applied Bacteriology**, v.56, p.25-40, 1984.
54. SILVA, A.R.; PAULO, E.N.; SANT'ANA, A.S.; CHAVES, R.D.; MASSAGUER, P.R. Involvement of *Clostridium gasigenes* and *C. algidicarnis* in 'blown pack' spoilage of Brazilian vacuum-packed beef. **International Journal of Food Microbiology**, 2011. doi: [10.1016/j.ijfoodmicro.2011.05.016](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.05.016) [manuscript]
55. SPRING, S.; MERKHOFFER, B.; WEISS, N.; KROPPESTEDT, R. M.; HIPPE, H.; STACKEBRANDT, E. Characterization of novel psychrophilic clostridia from Antarctic microbial mat: description of *Clostridium frigoris* sp. nov., *Clostridium lacusfryxellense* sp. nov., *Clostridium bowmanii* sp. nov., and *Clostridium psychrophilum* sp. nov. and reclassification of *Clostridium laramiense* as *Clostridium estertheticum* subsp. *laramiense* subsp. nov. **International journal of systematic and Evolutionary Microbiology**, v.53, p.1019-1029, 2003.
56. STANLEY, G.; SHAW, K.J.; EGAN, A.F. Volatile Compounds associated with spoilage of vacuum-packaged sliced luncheon meat by *Brochothrix thermosphacta* **Applied and Environmental Microbiology**, v.41, p.816-818, 1981.
57. VAN SCHOTHORST, M. Microbiological risk assessment of foods in international trade. **Safety Science**, v.30, p. 359-385, 2002.
58. VOYSEY, P.A.; BROWN, M. Microbiological risk assessment: a new approach to food safety control. **International Journal of Food Microbiology**, v.58, p.173–179, 2000.
59. WHO - World Health Organization. Food Safety Risk Analysis- **A Guide for National Food Safety Authorities**, Rome, 2006. 119p.
60. WHO - World Health Organization. Microbiological Risk Assessment Serie - **Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food**, 2009. 135p.
61. YANG, X.; GILL, C.O.; BALAMURUGAN, S. Effects of temperature and pH on the growth of bacteria isolated from blown packs of vacuum-packaged beef. **Journal Food Protection**, v. 72, n.11, p.2380-2385, 2009.
62. YANG, X.; BALAMURUGAN, S.; GILL, C.O. Effects on the development of blown pack spoilage of the initial numbers of *Clostridium estertheticum* spores and *Leuconostoc mesenteroides* on vacuum packed beef. **Meat Science**, v.88, p.361–367, 2011.

63. ZWEIG, M.H.; CAMPBELL, G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. **Clinical Chemistry**, v.39, p.561-577, 1993.

CAPITULO 3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RISCO DE CONTAMINAÇÃO POR *Clostridium estertheticum*, NO FLUXOGRAMA DE ABATE DE BOVINOS

Resumo: O principal microrganismo relacionado ao tufamento da carne é o *Clostridium estertheticum*, uma bactéria esporulada que se multiplica em temperaturas de refrigeração. O controle desse microrganismo no fluxograma de abate é muito difícil, uma vez que está relacionado à manutenção de práticas higiênico-sanitárias rigorosas, operações do processo sem falhas e decisões assertivas de gestores de risco. Com a finalidade de facilitar o gerenciamento do *C. estertheticum*, este trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema de classificação e quantificação de risco de contaminação, na linha de abate de bovinos, para auxiliar gestores no processo de decisão. Para tanto, foi utilizado um programa computacional, *Shell Netica*, que trabalha com Redes Bayesianas, na construção de um sistema especialista. A inserção das informações no modelo foi de forma direta, com entrevistas realizadas com especialista da área, estabelecendo as variáveis, atributos e probabilidades. As variáveis estavam relacionadas às condições sanitárias de cada operação do abate. O desempenho do sistema foi avaliado por meio da análise de sensibilidade e especificidade, comparando os resultados do modelo a um padrão-ouro. Após avaliação do desempenho, realizou-se uma simulação no modelo utilizando dados fornecidos por um matadouro-frigorífico. O sistema proposto apresentou desempenho satisfatório, com elevada especificidade e sensibilidade, expressando a realidade produtiva, podendo ser usado como um facilitador do processo de decisão do gestor. A afirmação pode ser confirmada pelo resultado obtido na simulação das informações referentes ao fluxograma de abate do matadouro-frigorífico. Os resultados estão respaldados pela literatura especializada, reforçando a qualidade do desempenho do sistema desenvolvido.

Palavras-chave: carne, gerenciamento de risco, tufamento.

**RISK CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION SYSTEM FOR
CONTAMINATION FOR *Clostridium estertheticum* IN THE FLOWCHART OF
BOVINE SLAUGHTER**

Abstract: The main microorganism related to meat blown pack is *Clostridium estertheticum*, a sporulated bacteria that multiplies at refrigeration temperatures. The microorganism control in the flowchart of slaughter is very difficult, once it is related to maintenance of strict hygienic sanitary practices, proceedings of failure-free process as well as assertive decisions made by risk managers. In order to facilitate the management of *C. estertheticum*, this work aimed to develop a risk classification and quantification system of contamination, in the bovine slaughter line, to help managers in the decision process. Therefore, it was used a computer program named *Shell Netica*, which works with Bayesian Networks in the construction of a specialist system. The input information in the model was direct, as well as interviews were made with experts on the area, establishing the variables, attributes and probabilities. The variables were related to sanitary conditions of each slaughter proceeding. The system performance was assessed by the analysis of sensibility and specificity, comparing the results from a model to a gold standard. After the performance assessment, it was carried out a simulation in the model using data provided by a slaughterhouse - cold storage building. The proposed system had a satisfactory performance, with high specificity and sensibility, expressing the productive reality and being able to be used as a facilitator in the process of the manager's decision. The findings can be confirmed by the obtained result in the simulation of the information referred to the flowchart of slaughter of the slaughterhouse-cold storage building. The results are supported by specialized literature, reinforcing the quality of the developed system performance.

Keywords: blown pack, meat, risk management

INTRODUÇÃO

O *blown pack* ou tufamento é uma deterioração causada pela distensão da embalagem a vácuo, provocada por gases gerados por metabólitos de microrganismos em cortes cárneos. As principais descrições quanto aos odores relacionados a essa deterioração são de queijo, sulfuroso, pútrido, levemente fecal e azedo (DAINTY et al., 1989; BRODA et al., 1994, BRODA et al., 1996) .

Esse tipo de deterioração era relacionado a abuso de temperatura de refrigeração durante o armazenamento, com conseqüente multiplicação de *Enterobacteriaceae* (HANNA et al., 1979; HOLLEY & GILL, 2006). Entretanto, o tufamento passou a ser relatado em cortes cárneos embalados a vácuo sob refrigeração controlada (DAITY et al., 1989).

As primeiras observações de tufamento de carne embalada a vácuo incriminando *Clostridium* psicrófilicos e psicrótróficos como agentes dessa deterioração foram relatadas por DAITY et al. (1989), em carnes do sul da África exportadas ao Reino Unido, e por KALCHAYNAND et al. (1989), em amostras tufadas nos Estados Unidos, na região de Laramie. Os isolados foram posteriormente caracterizados como novas espécies, sendo denominados *Clostridium estertheticum* (COLLINS et al., 1992) e *Clostridium laramie* (KALCHAYANAND et al., 1993).

Desde então, deteriorações semelhantes foram relatadas em carnes frescas bovinas, ovinas e de cervo, embaladas a vácuo na Nova Zelândia (BRODA et al., 1996). Entretanto, BRODA et al. (2000) identificaram ação similar causada por *C. gasigenes* em carnes de carneiro embaladas a vácuo, com grande produção de gás.

Após estudos, SPRING et al. (2003) reclassificaram as espécies em duas subespécies: *Clostridium estertheticum* subsp. *estertheticum* e *Clostridium estertheticum* subsp. *laramiense*. Todavia, YANG et al. (2009), ao estudarem a utilização de substratos da carne pelas subespécies de *C. estertheticum*, sugeriram que os organismos são indistinguíveis entre si e que a atual classificação deve ser reavaliada. Afirmaram ainda que outras investigações

devem ser realizadas para definir a verdadeira relação entre eles em nível de espécies ou de subespécies.

BRODA et al. (2002) estudaram a prevalência de *C. estertheticum* nas operações de abate em um matadouro-frigorífico e verificaram que partículas do solo e fezes de animais, apresentaram maior índice de detecção, sugerindo que a falta de higiene no abate constitui a forma mais provável de propagação desses microrganismos na linha de processo.

BOEREMA et al. (2003) avaliando alguns pontos do fluxograma de abate, constataram que os principais reservatórios de *C. estertheticum* eram a pele e as fezes de animais, bem como as partículas do solo. Tais resultados reforçam a necessidade de práticas higiênicas no abate.

BRODA et al. (2009) avaliaram a distribuição do *C. estertheticum* e *C. gasigenes* em uma linha de abate e processamento de ovinos. Os autores detectaram presença superior a 75%, do agente deteriorante, nos seguintes locais: fezes e pelos de animais, água e lama do curral, e sala de abate.

HADORN et al. (2009) afirmaram que, para reduzir os casos de tufamento causados por *C. estherteticum*, os matadouros-frigoríficos devem priorizar a higiene nos seus processos produtivos, sendo necessário tomar medidas que evitem qualquer possível contato da carcaça/carne com a pele, sujidades ou partículas de excremento.

No Brasil, o tufamento de carne embalada a vácuo causado por clostrídios psicrófilos e psicrotróficos começou a ser estudado somente em 2005, por pesquisadores da Universidade Federal de Goiás. A instituição possui um Centro de Pesquisa em Alimentos, que monitora a contaminação por esses microrganismos no fluxograma de abate dos principais matadouros-frigoríficos exportadores do país.

RAUECKER (2007) avaliou a presença de *C. estertheticum* e *C. gasigenes* em 249 amostras provenientes da linha de processo de 23 matadouros-frigoríficos de oito diferentes empresas do Brasil, credenciadas para exportação. O índice de positividade, no total das fontes analisadas, para *C. estertheticum* foi de 41,37% e, de *C. gasigenes*, de 9,64%. Em todos Estados nos quais foram colhidas amostras, verificou-se a presença de *C. estertheticum*,

evidenciando sua disseminação no país e nas plantas de matadouros-frigoríficos brasileiros.

Por ser o tufamento uma deterioração que envolve grandes perdas econômicas, haja vista que ocorre principalmente em lotes para exportação, o controle e monitoramento dos microrganismos que causam esse tipo de deterioração são essenciais. Assim, a classificação e quantificação do risco de contaminação, tendo em vista as condições higiênico-sanitárias no processo de abate, constitui ferramenta de valor no processo de gerenciamento da qualidade.

Uma ferramenta de controle de qualidade, muito utilizada em gerenciamento de risco, é o sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Ela é de natureza qualitativa e composta por sete etapas: Análise dos Perigos, Identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCC), Estabelecimento dos Limites Críticos, Procedimentos de Monitoração, Medidas Corretivas, Procedimentos de Verificação e Procedimento de Registro (FAO, 1997).

A definição dos PCCs constitui uma etapa de grande valor no sistema, em que é possível realizar o controle e, conseqüentemente, evitar ou eliminar um perigo, ou reduzi-lo a um nível aceitável. Contudo, a dificuldade em estabelecer PCCs e o excesso dos mesmos dificultam o processo dando uma falsa sensação de controle que, geralmente, não é exercido (SUN & OCKERMAN, 2005).

Apesar do APPCC ser um sistema que visa a segurança alimentar, através da análise de controle de perigos, HOORNSTRA et al. (2001) afirmaram que essa ferramenta pode ser utilizada para microrganismos deteriorantes, uma vez que são causas de grandes reclamações e *recall*.

Sabe-se que a utilização da Avaliação de Risco, inserida na Análise de Perigos do APPCC, consegue quantificar riscos nas etapas do processo produtivo, facilitando o gerenciamento dos Pontos Críticos de Controle e dos Pontos de Controle.

A principal base para essa inserção são os pontos constituintes das duas ferramentas. A Análise de Perigos caracteriza-se por listar e identificar os perigos, analisar os riscos e considerar as medidas preventivas de controle, sem contudo quantificar riscos (FAO, 2003). A Avaliação de Risco, por sua vez, possibilita estimar o risco em um processo produtivo, que é a Caracterização do

Risco, utilizando informações higiênicas sanitárias do processo e por meio da Identificação do Perigo, Avaliação da Exposição e Caracterização do Perigo (WHO, 2006, 2009).

A quantificação do risco nos PCCs possibilita ao gestor identificar a importância das atividades e as etapas críticas que necessitam de controle no processo, para então aplicar o seu conhecimento na resolução do problema. Essa proposta de sistema visa identificar e classificar as etapas do processo de acordo com as características específicas de cada empresa (ROQUE-SPECHT, 2002).

Segundo ROQUE-SPECHT (2002), os diagnósticos realizados por meio da combinação de Sistemas Especialistas Probabilísticos (SEP) e Redes Bayesianas (RB) tiveram bons resultados na quantificação dos possíveis PCCs na linha de produção de leite pasteurizado. Esses também têm sido usados em diagnóstico médico (SAHEKI, 2005; LIMA, 2006; QUADROS, 2006) e predição microbiana (PORTELLA, 2007).

Os SEP são sistemas computacionais construídos com o objetivo de simular as decisões, que seriam tomadas por especialistas, ou auxiliar no processo de diagnóstico. Eles representam o conhecimento do especialista humano em um determinado domínio de aplicação (SAHEKI, 2005). Quando associados às RBs, têm uma parte estrutural que reflete relações causais, entre as variáveis de entrada e de saída do sistema, e uma parte numérica, com probabilidades, refletindo a força da relação (QUADROS, 2006).

Essas redes são compostas de duas partes complementares: uma quantitativa, as probabilidades, e a outra qualitativa, as variáveis e as interconexões dessas. As variáveis são os nós e as interconexões, que são as relações de dependência entre as variáveis, são os arcos direcionados (PORTELLA, 2007).

Várias situações de contaminação no processo industrial são repletas de incertezas. Especialistas humanos nesses domínios são capazes de formar julgamentos e tomar decisões baseados em informações incertas, incompletas e, algumas vezes, contraditórias. Para que um sistema especialista seja confiável, ele deve lidar com este tipo de informação com a mesma facilidade que o especialista humano (NASSAR, 2007; PORTELLA, 2007).

A elaboração de um sistema capaz de tomar decisões, como um especialista, e quantificar os riscos de contaminação por *C. estertheticum*, facilita o processo de gestão de risco e agiliza o processo de controle do perigo evitando grandes perdas comerciais.

Diante da relevância do tema e de sua inserção no contexto atual, objetivou-se com o presente trabalho propor um sistema capaz de classificar e quantificar o risco nos prováveis Pontos Críticos de Controle e Pontos de Controle, das operações de abate de bovinos, para ocorrência de *Clostridium estertheticum*, deteriorante envolvido em tufamento de embalagens a vácuo de carne sob refrigeração.

MATERIAL E METODOS

O presente trabalho foi realizado na Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), com a colaboração de um matadouro-frigorífico da região, sob Inspeção Federal, com capacidade produtiva de 1500 cabeças/dia de bovinos.

O trabalho contou com a participação de especialistas da área, pertencentes ao quadro de docentes da Universidade Estadual de Goiás (UEG) e Universidade Federal de Goiás (UFG), doutores em Higiene e Tecnologia de Alimentos, assim como de fiscais do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Na proposição do sistema de classificação e quantificação de riscos nos Pontos Críticos de Controle e Pontos de Controle, no fluxograma de abate de bovinos, para *Clostridium estertheticum*, foi utilizado o programa *Shell Netica* da NORSYS (1995), baseado em Redes Bayesianas.

Foram eleitos os seguintes pontos do fluxograma de abate para comporem o sistema proposto: curral de espera, banho de aspersão, insensibilização, içamento, sangria, esfolagem, oclusão do reto, rolete de pele, divulsão do esôfago, evisceração, serragem da carcaça, lavagem da meia carcaça, resfriamento, sala de cortes, câmara de espera/pulmão, sala de desossa, embalagem, estocagem e expedição (BRASIL, 1971, 1997).

A identificação dos Pontos Críticos de Controle, nas etapas do processo citadas anteriormente, foi baseada numa Árvore de Decisão (FAO, 2003), na qual constam perguntas específicas que, conforme as respostas, ajudam a detectar se o processo/item constitui ou não um PCC. A Figura 1 ilustra a árvore decisória utilizada.

Para estabelecer as relações na Rede Bayesiana de “causa e efeito” ou “causa-diagnóstico-sintoma”, na classificação e quantificação de risco de contaminação por *C. estertheticum*, foram fixados:

- Os nós pais, com as probabilidades marginais, representando o risco de contaminação e/ou multiplicação pelo *C. estertheticum*, classificado em alto, médio e baixo; e

- Os nós filhos, com as probabilidades condicionais, baseados nas condições de processamento que podem interferir no risco de contaminação pelo agente, como: higiene, temperatura, capacitação de colaboradores e outras.

A estrutura do sistema proposto, com suas variáveis, atributos e arcos, encontra-se nas Figuras de 2 a 20.

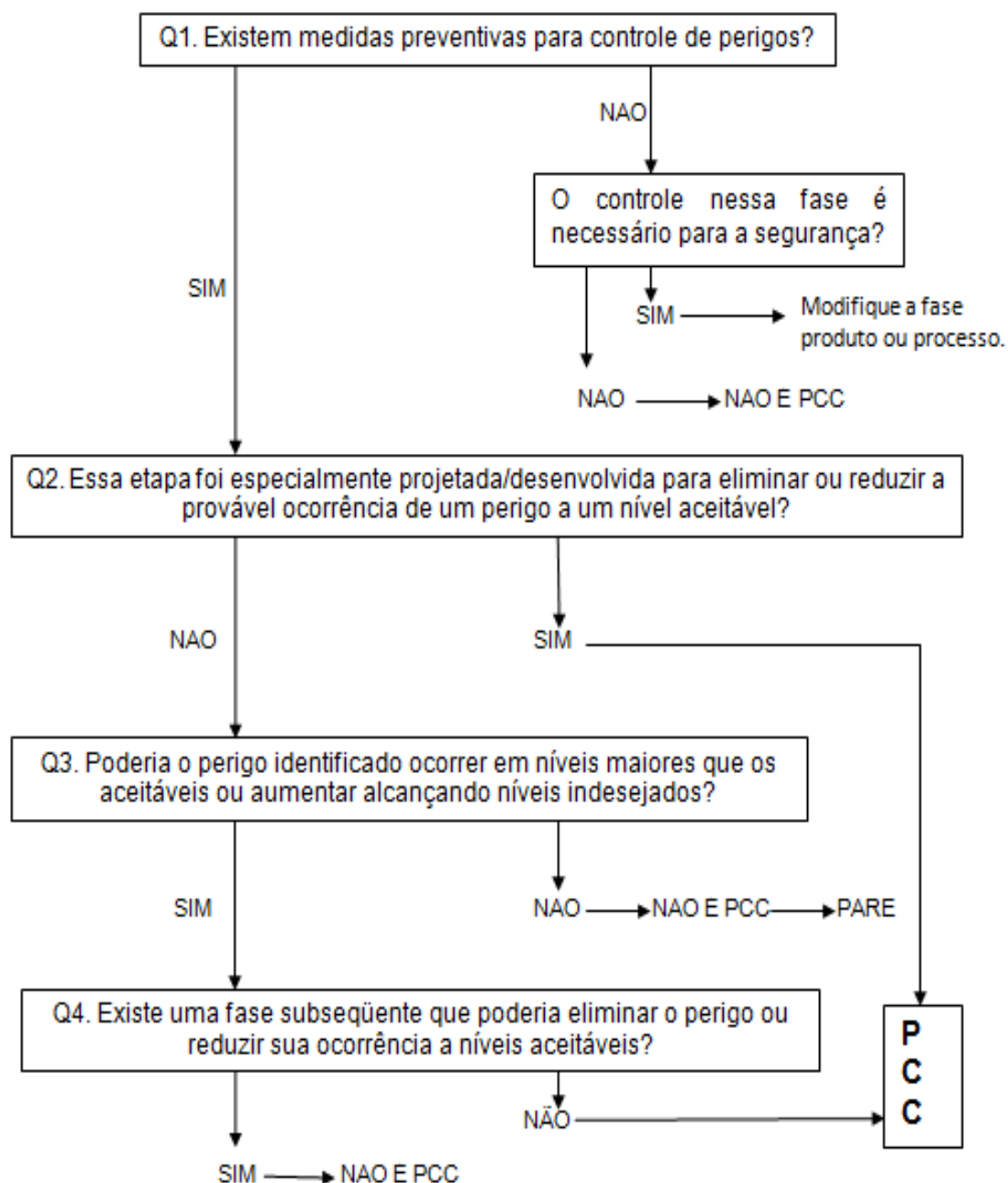


FIGURA 1 - Árvore Decisória para identificar Pontos Críticos de Controle (FAO, 2003).

As probabilidades de cada nó, utilizadas para inserção no programa, foram estabelecidas após várias reuniões com especialista, conforme o recomendado por SAHEKI (2005) e QUADROS (2006), e consultadas na literatura. Considerações realizadas por RAUECKER (2007), sobre contaminação de *C. estertheticum* em linha de abate, foram empregadas na composição de algumas probabilidades das variáveis.

O especialista entrevistado possui doutorado em Higiene e Tecnologia de Alimentos, com tese elaborada em caracterização molecular de *Clostridium estertheticum*, e com elevada experiência em controle de qualidade em matadouros-frigoríficos, atuando na área há aproximadamente dez anos.

Algumas variáveis e atributos que influenciam na contaminação por *C. estertheticum* tiveram seus conceitos padronizados para facilitar a inserção no programa, tais como:

- higiene de operação: cumprimento de Procedimentos Operacionais Padronizados de higiene pessoal e utensílios, e capacitação em Boas Práticas de Fabricação;
- treinamento de funcionários: capacitação de colaboradores para realizar as operações referentes ao abate (oclusão de reto, divulsão do esôfago e evisceração) seguindo as normas sanitárias;
- velocidade de abate padrão: funcionamento do matadouro- frigorífico nos limites da sua capacidade física e operacional de abate;
- Binômio tempo/temperatura: fluxo de operação, preferencialmente contínuo, sem permitir o acúmulo de peças e o aumento de temperatura dos cortes maior que 7°C na Sala de Cortes, Câmara de Espera, Sala de Desossa e Embalagem, e maior que 4°C na Expedição.

As probabilidades foram inseridas no *Shell Netica* de forma direta, na presença do especialista, e de forma indireta, por meio de casos. Os casos foram elaborados e, posteriormente, respondidos pelo especialista, sendo transcritos no Excell e importados ao *Shell Netica*, para treinar a rede. Alguns valores de probabilidade foram ajustados de forma manual, quando não representavam a realidade produtiva, ou seja, quanto pior a hipótese maior seria o risco de contaminação pelo microrganismo.

Para avaliação da especificidade e da sensibilidade do sistema proposto foi elaborado um padrão-ouro, construído por meio de questionário-resposta, submetido a dois especialistas, contendo casos referentes a cada operação do abate, conforme Apêndice 3. Quando não havia consenso nas respostas, essas eram debatidas entre os especialistas, até a construção do padrão (QUADROS, 2006).

Os especialistas que auxiliaram na construção do padrão-ouro não contribuíram na inserção das probabilidades no programa *Shell Netica*. Eram Fiscais do MAPA, habilitados em matadouro-frigorífico de bovinos, com mestrado em Ciência Animal, na área de Sanidade Animal. Um deles é docente na UEG na disciplina de microbiologia e parasitologia.

O programa MedCalc[®] (2009) foi utilizado para realizar a discriminação dos diagnósticos, ao verificar a possibilidade de sobreposição da distribuição das respostas. Considerou-se como discriminação perfeita de diagnósticos, ou seja, com 100% de especificidade e sensibilidade, os resultados que apresentaram área sob a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) igual a 1 (ZWEIG & CAMPBELL, 1993).

O matadouro-frigorífico cooperador forneceu dados referentes ao sistema produtivo e ao controle de qualidade da linha de produção que permitiram a simulação do sistema proposto. Os dados fornecidos aparecem nas Figuras de 2 a 20 em destaque (coloração diferente e em itálico).

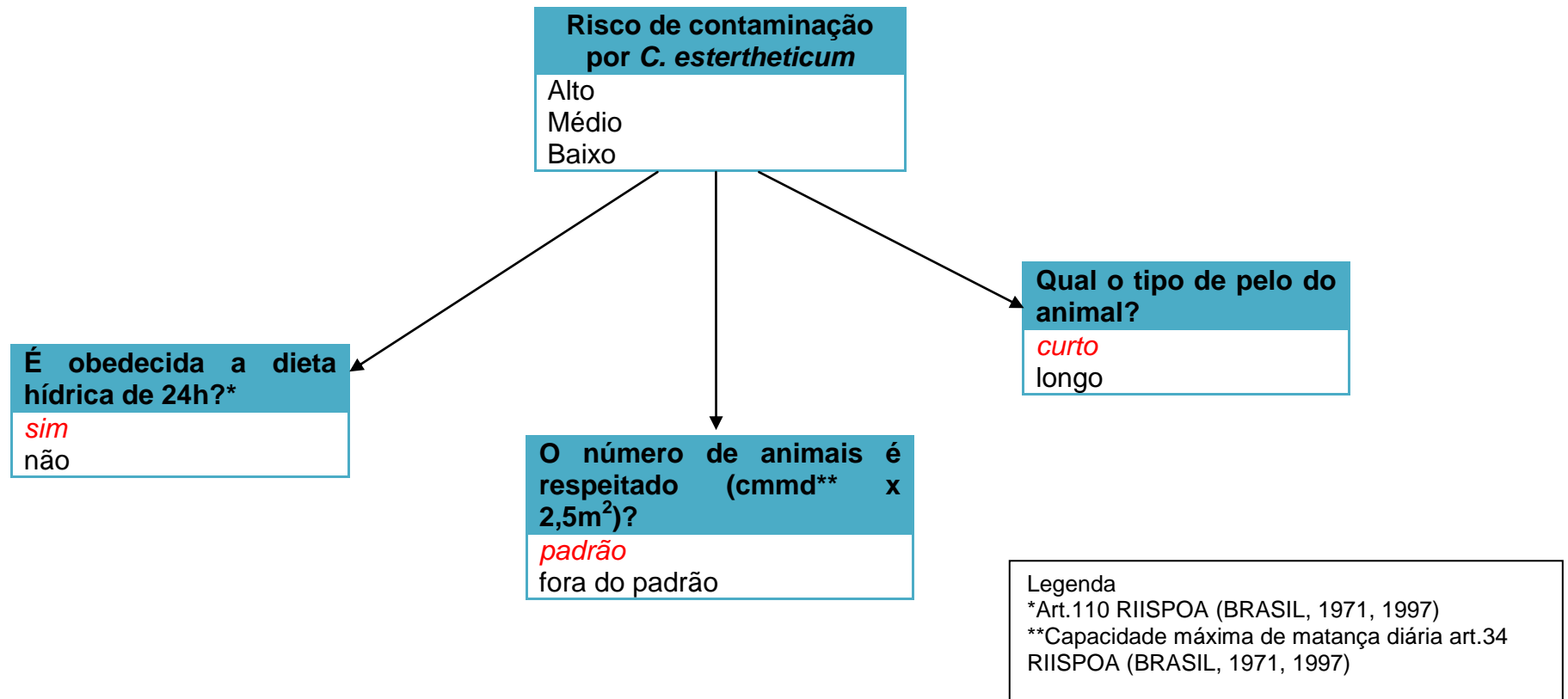


FIGURA 2 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à etapa de espera nos currais. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

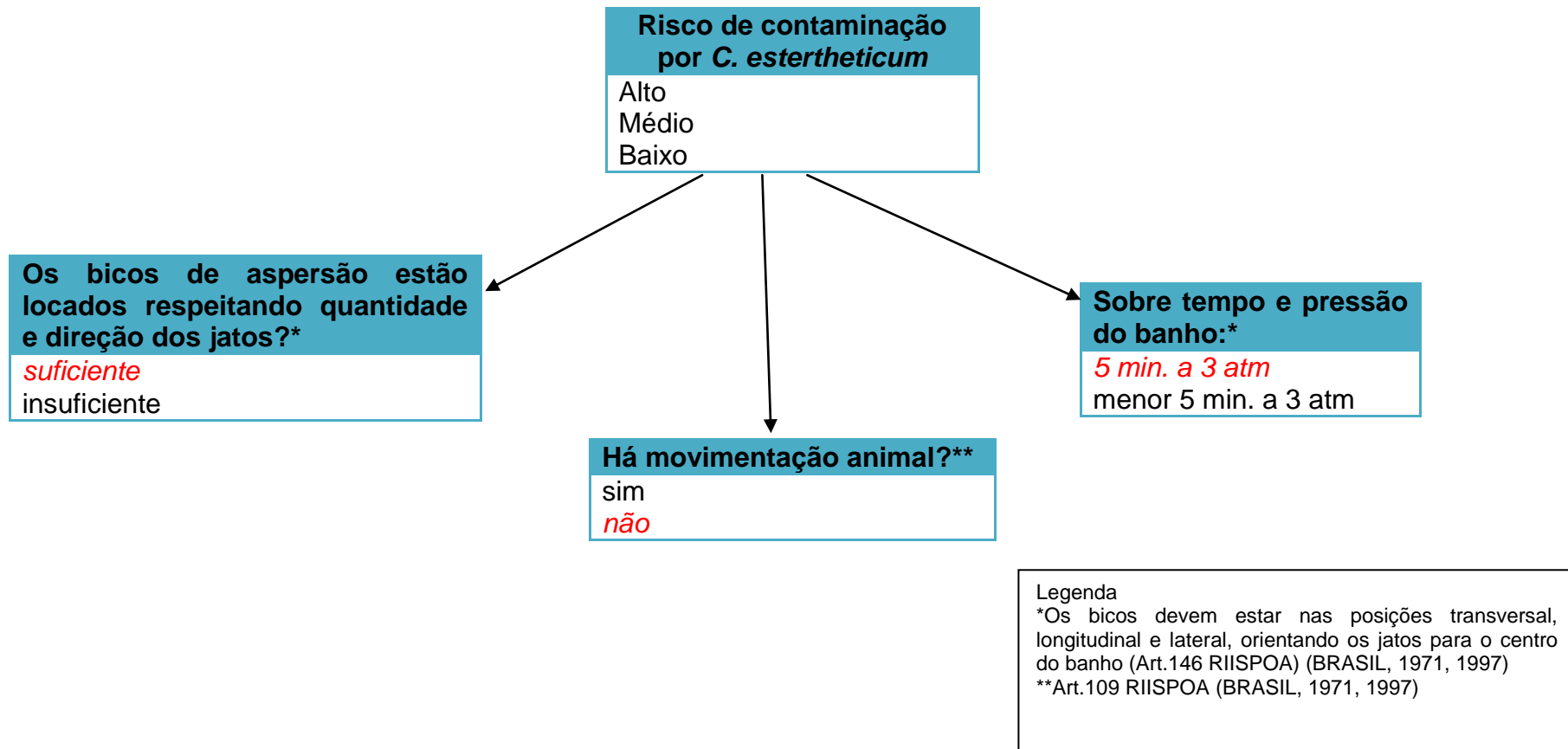


FIGURA 3 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à etapa do Banho de Aspersão. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

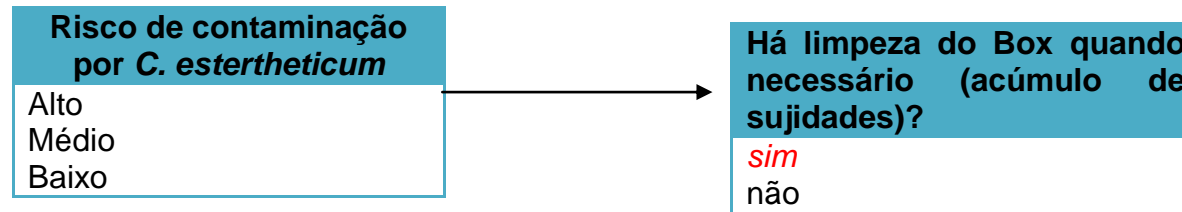


FIGURA 4 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Insensibilização dos animais. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

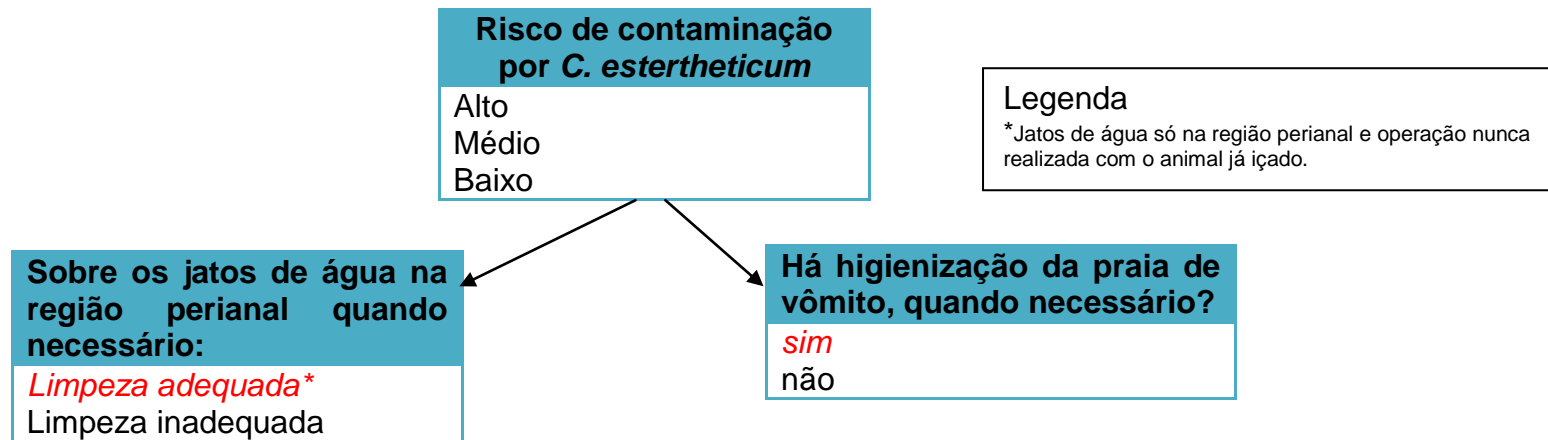


FIGURA 5 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Içamento dos animais. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

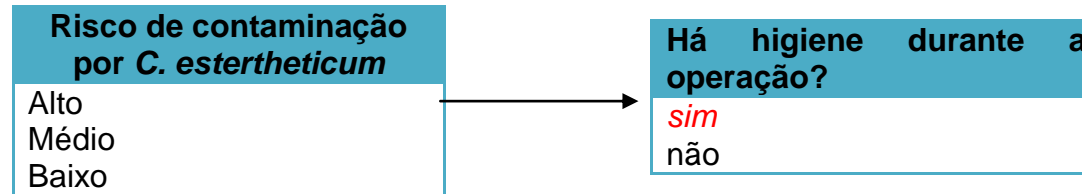


FIGURA 6 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Sangria. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

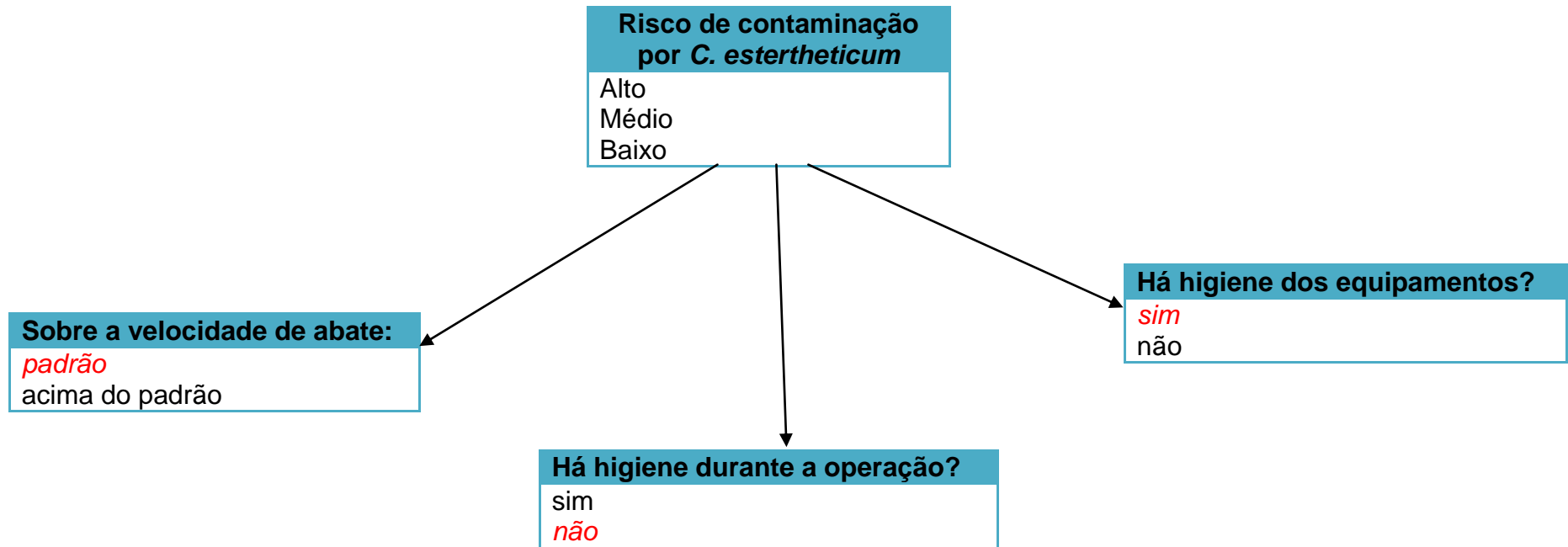


FIGURA 7 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Esfola. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

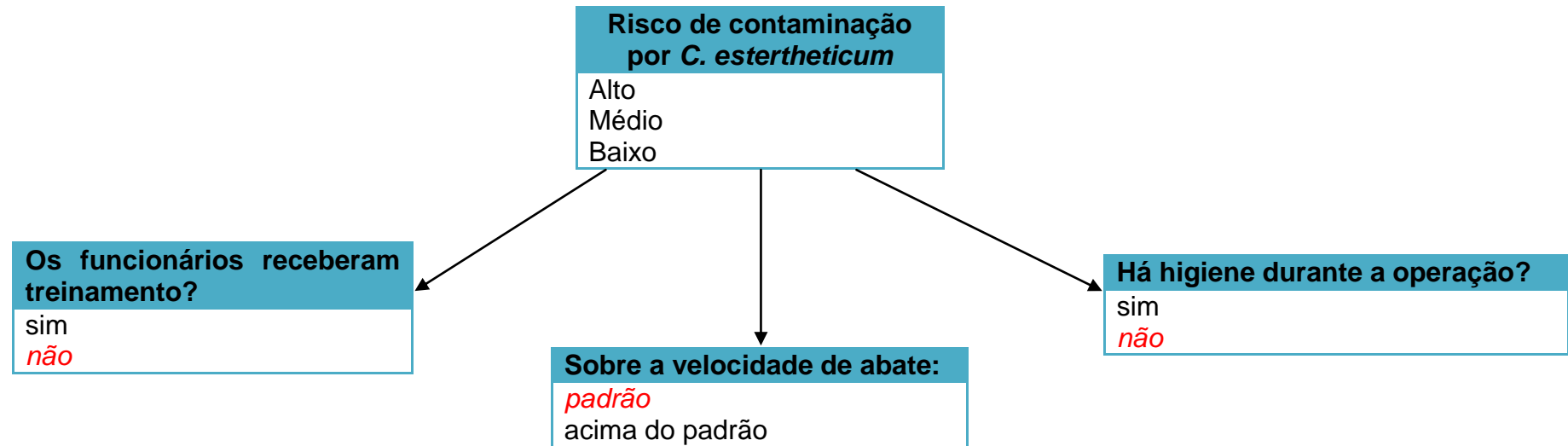


FIGURA 8 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Oclusão de Reto. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

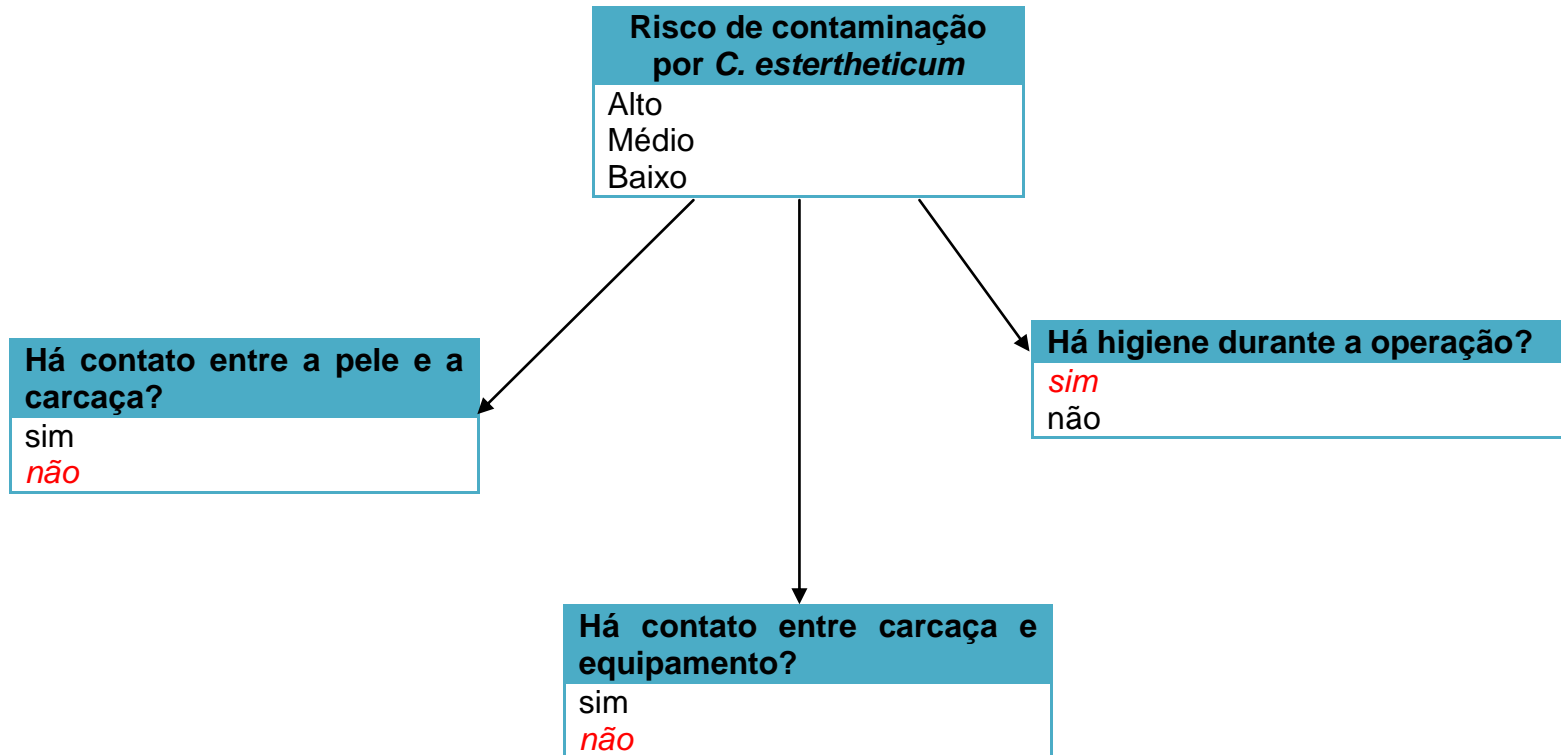


FIGURA 9 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de remoção da pele (Roleta de Pele). Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

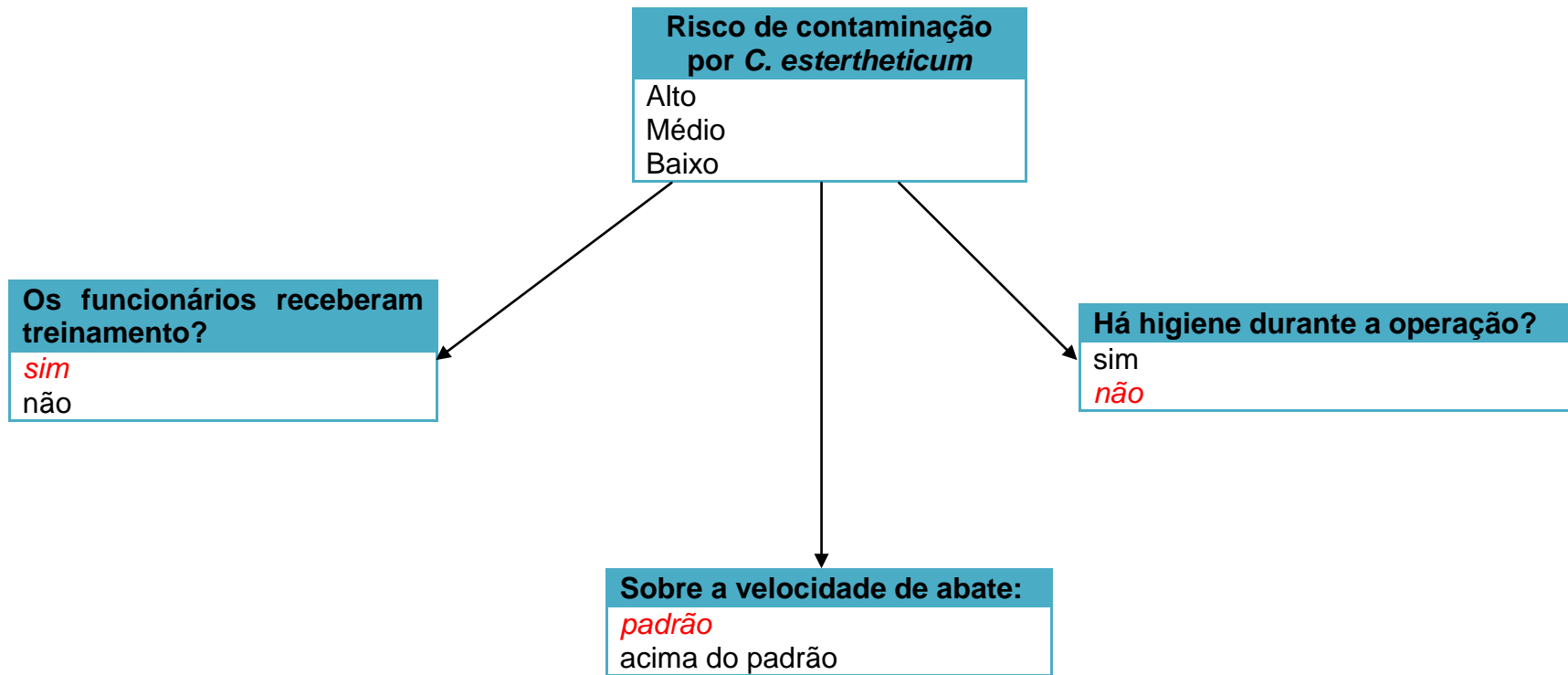


FIGURA 10 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Divulsão do Esôfago. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

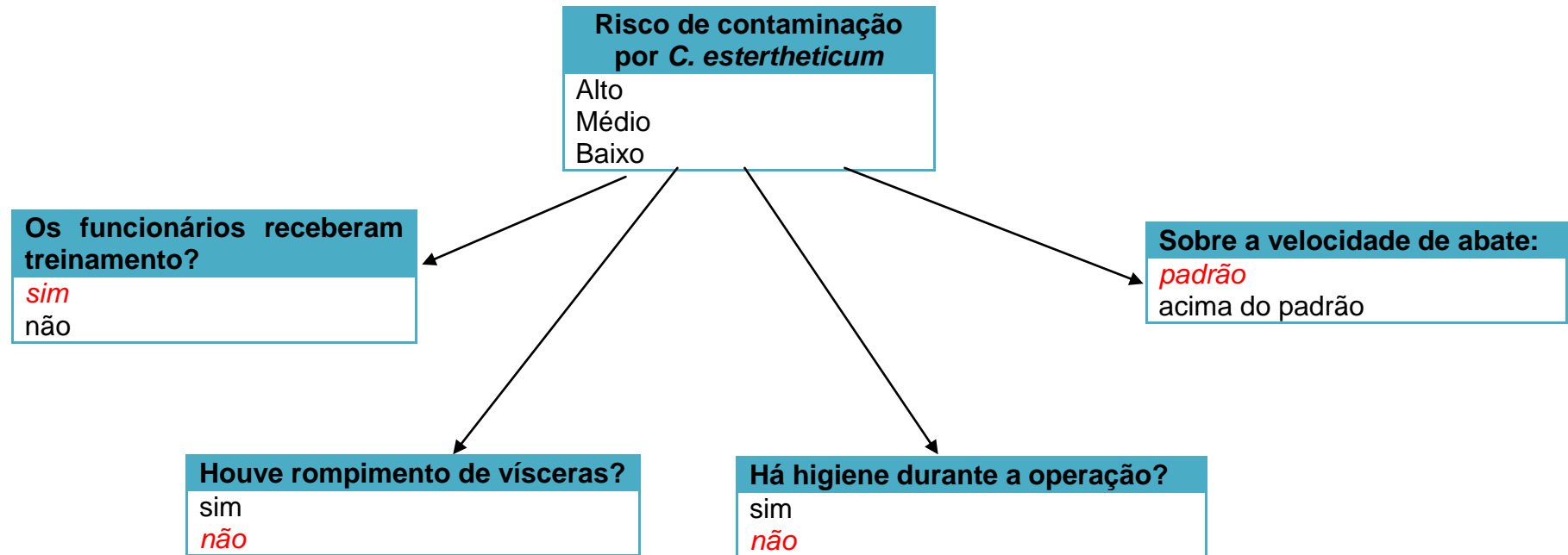


FIGURA 11 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Evisceração. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

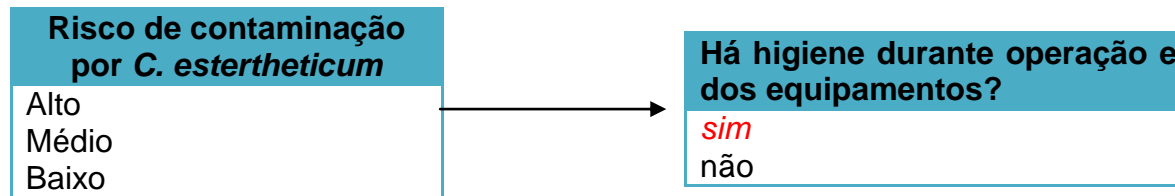


FIGURA 12 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Serragem da Carcaça. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

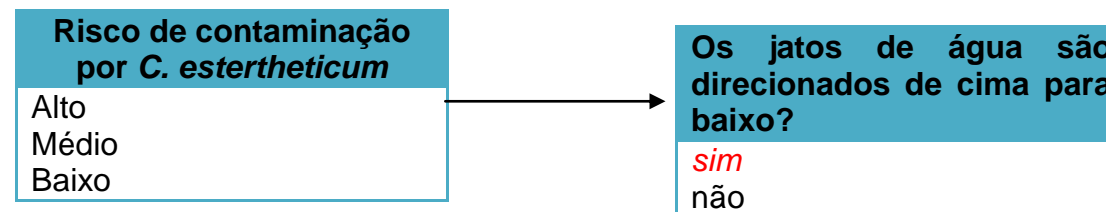


FIGURA 13 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC relacionadas à operação de Lavagem de Meia-Carcaça. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

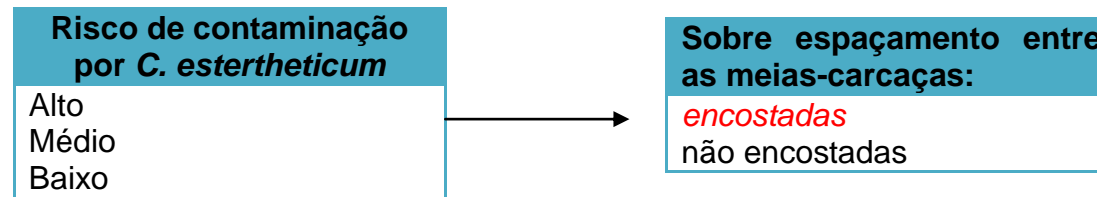


FIGURA 14 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Refrigeração das meias-carcaças. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

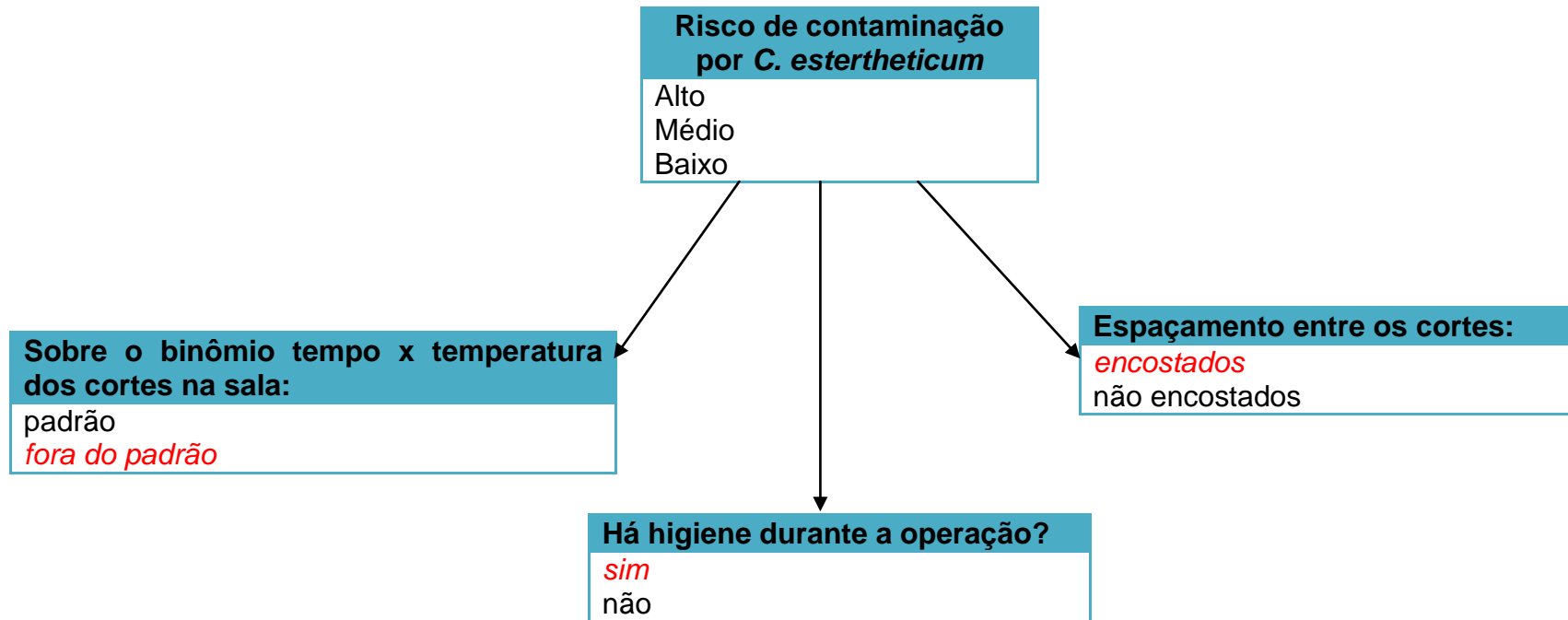


FIGURA 15 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de obtenção dos grandes cortes (traseiro, dianteiro e ponta de agulha). Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

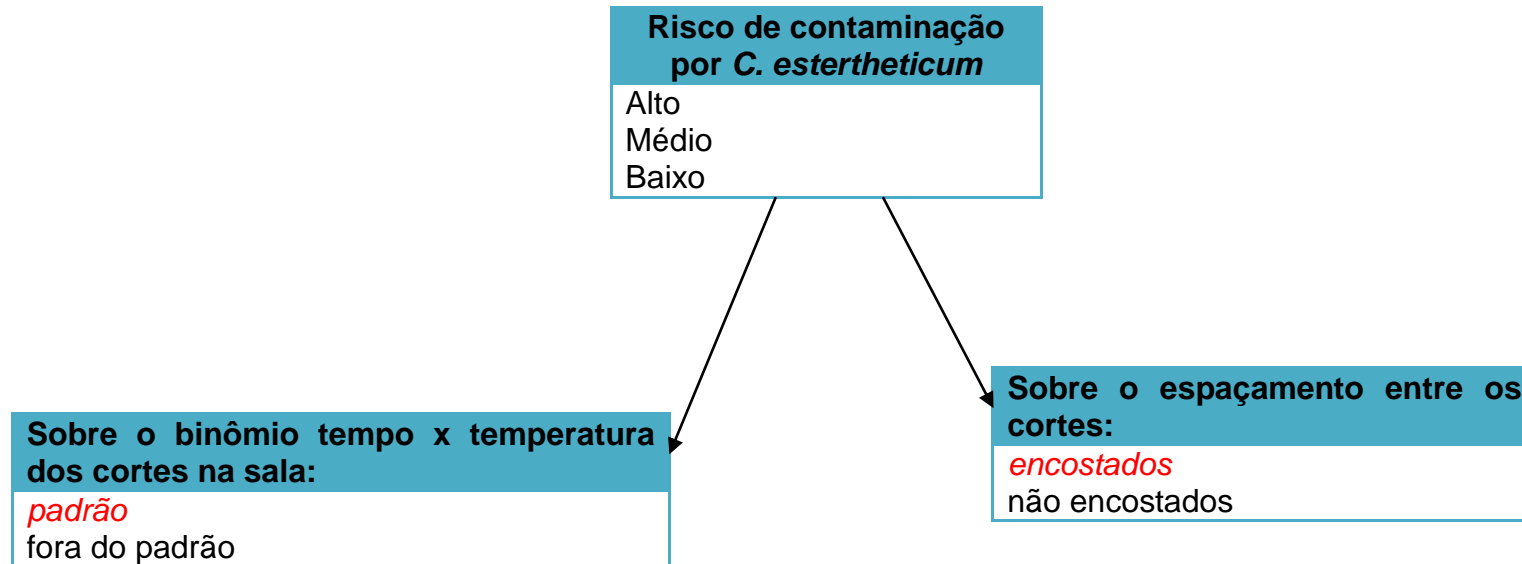


FIGURA 16 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à etapa de espera que antecede a desossa (Câmara de espera/pulmão). Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

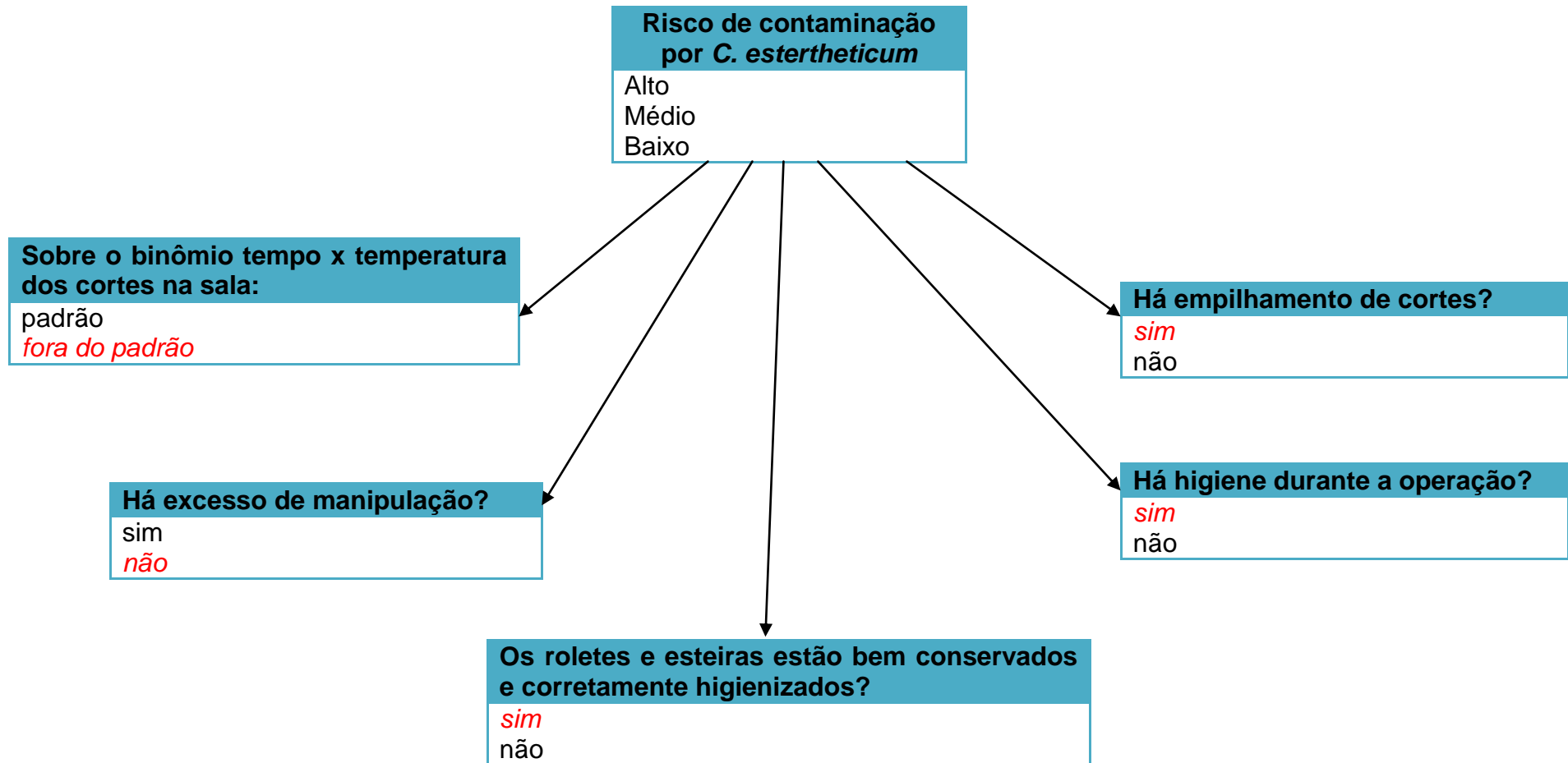


FIGURA 17 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Desossa. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

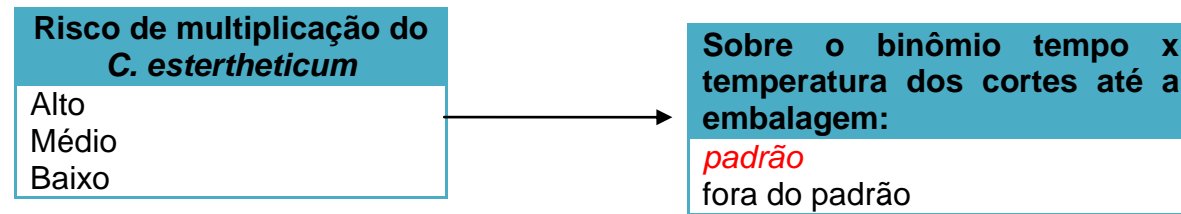


FIGURA 18 - Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Embalagem a vácuo. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

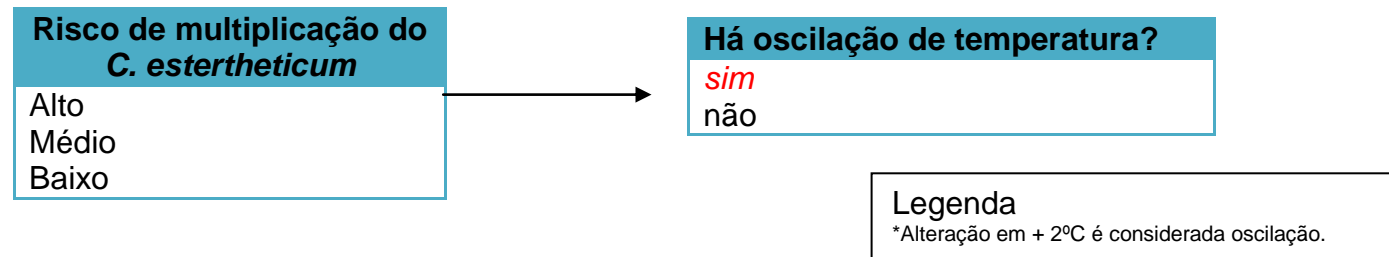


FIGURA 19. Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Estocagem. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

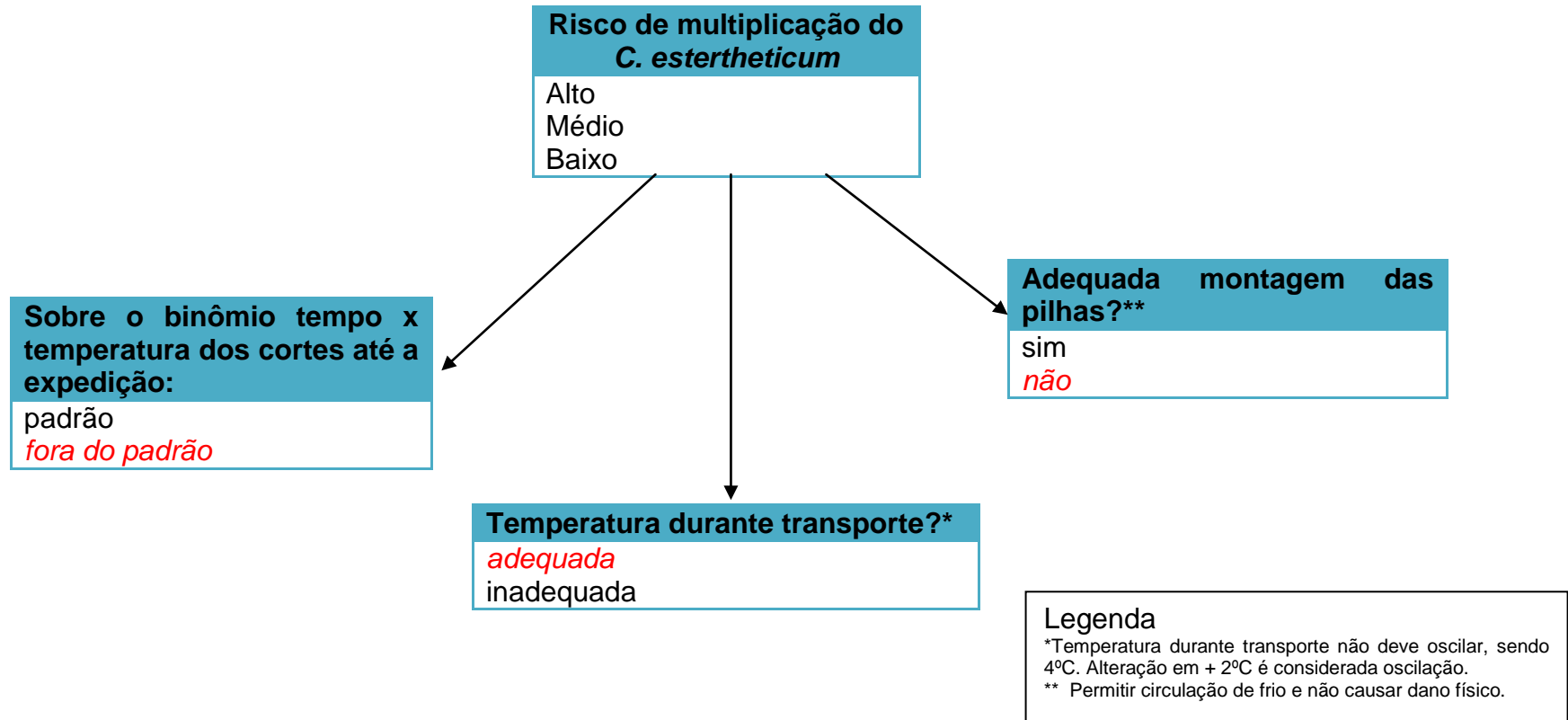


FIGURA 20. Variáveis marginal e condicionais, com seus respectivos atributos, utilizadas na determinação do risco e do PCC, relacionadas à operação de Expedição. Ilustração da simulação referente às condições observadas no matadouro-frigorífico estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Apêndice 4, encontram-se as probabilidades inseridas no programa para os nós condicionais e os marginais.

Na verificação do desempenho do sistema proposto, no presente estudo, foi utilizada a curva ROC e análises de sensibilidade e especificidade. Esses resultados encontram-se na Tabela 1.

Observa-se que o sistema é sensível, específico e gera resultados confiáveis que expressam a realidade de contaminação e multiplicação microbiana durante o processo de abate.

A curva ROC, por sua vez, revelou ser uma importante ferramenta auxiliar na determinação do desempenho do sistema. Assim, ao observar o valor da área localizada abaixo da curva ROC, constata-se que, no sistema, não há sobreposição das distribuições dos diagnósticos, expressando, portanto, elevada sensibilidade e especificidade. O ponto de corte para cada atributo foi estabelecido buscando equilíbrio entre esses dois parâmetros e encontram-se no Apêndice 4.

Resultados de desempenho semelhantes aos obtidos no presente estudo, para Sistema de Apoio a Decisão (SAD), com aquisição do conhecimento (probabilidades) preenchido de forma direta, foram obtidos por QUADRO (2006). O autor desenvolveu um modelo, com elevada sensibilidade e especificidade, de acompanhamento nutricional de pacientes submetidos à cirurgia bariátrica, por meio do programa *Shell Netica*, treinado de forma intuitiva, ou seja, considerando que quanto maior o número de sintomas o paciente apresentar, maior o risco de estar com deficiência nutricional.

Desta forma, um modelo que possui desempenho bem próximo das decisões de um especialista da área, pode ser utilizado como um auxiliador de gestão de risco para *C. estertheticum*, dentro do processo de abate. O gestor pode se embasar no diagnóstico fornecido pelo modelo, com classificação e quantificação, para prever possíveis pontos de contaminação e tomar medidas que visam a reduzir a ocorrência da bactéria.

Nesse sentido, com objetivo de prever acontecimentos, BELTRÃO (2005) modelou um SAD para antever infecção hospitalar, visando fornecer à

equipe hospitalar um diagnóstico das condições e o potencial risco de infecção dos pacientes, reduzindo o índice de internação e auxiliando na decisão dos gestores de Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH).

TABELA 1 - Resultados do desempenho do sistema proposto, quando comparado ao padrão-ouro, para especificidade, sensibilidade e curva ROC.

Operações/Etapas	Sensibilidade	Especificidade	ROC**	95% IC***
Curral de espera	100%	100%	1	0,63 a 1
Banho de aspersão	100%	100%	1	0,63 a 1
Insensibilização	100%	100%	-	-
Içamento	100%	100%	-	-
Sangria	100%	100%	-	-
Esfola	100%	100%	1	0,63 a 1
Oclusão de reto	100%	75%*	0,94	0,63 a 1
Rolete de pele	100%	100%	1	0,63 a 1
Divulsão do esôfago	100%	100%	1	0,63 a 1
Evisceração	100%	85%*	0,95	0,79 a 1
Serragem da carcaça	100%	100%	-	-
Lavagem da meia carcaça	100%	100%	-	-
Resfriamento	100%	100%	-	-
Sala de cortes	100%	100%	1	0,63 a 1
Câmara de espera/pulmão	100%	100%	-	-
Sala de desossa	100%	75%*	0,94	0,78 a 1
Embalagem a vácuo	100%	100%	-	-
Estocagem	100%	100%	-	-
Expedição	100%	100%	1	0,63 a 1

* Valores de especificidade obtidos por dificuldade de diferenciação de diagnóstico entre Alto e Médio Risco.

**Área abaixo da curva ROC

*** IC = Intervalo de Confiança

(-) Dados que não foram obtidas pelo programa MedCalc® por insuficiência de diagnósticos.

Prever possíveis pontos de contaminação e multiplicação do *C. estertheticum*, na linha de abate, reveste-se de grande importância, uma vez que pequenas alterações no processo produtivo podem levar a grandes problemas

industriais, haja vista que baixas contagens ou um esporo são capazes de promover tufamento de embalagens e que o deteriorante apresenta elevado grau de dificuldade de eliminação em planta industrial.

Outro fator de elevada importância na obtenção de um modelo sensível e específico, na área do tema em discussão, diz respeito à dificuldade de informação sobre o microrganismo, pois no Brasil existem poucos especialistas na área. No entanto, o programa pode melhorar a gestão do risco e reduzir a disseminação da bactéria na linha de abate.

Como o modelo proposto no presente estudo revelou desempenho satisfatório, é possível, por meio da classificação do risco, indicar os PCCs que necessitam de maior atenção do gestor e prioridades de pontos na linha de abate. O sistema desenvolvido apresenta como reforço ao APPCC o caráter quantitativo do risco, com variáveis e atributos que influenciam no processo, incluindo práticas sanitárias adequadas e condições operacionais da linha. Essas melhorias do sistema APPCC foram conseguidas com a utilização de Redes Bayesianas em um Sistema Especialista Probabilístico.

Resultados semelhantes aos obtidos neste estudo foram reportados por ROQUE-SPECHT (2002) ao identificar e quantificar PCC em uma linha de pasteurização de leite, por meio das mesmas ferramentas. O autor afirmou que a modelação do raciocínio de especialistas, em programas computacionais, maximiza o controle da contaminação, auxilia o processo de gestão, reduz perdas produtivas e otimiza o tempo na obtenção do diagnóstico.

Na Tabela 2, podem ser observados os PCCs definidos com base na Árvore Decisória, considerando as características do *C. estertheticum*. As operações de Banho de Aspersão, Esfolia, Oclusão de Reto, Rolete de Pele e Evisceração foram identificadas como PCCs, por serem criadas com objetivo de reduzir a provável ocorrência da bactéria deteriorante. Essas operações, quando corretamente conduzidas, reduzem a contaminação por conteúdo gastrointestinal e/ou por partículas presentes na pele, locais reconhecidos como potenciais fontes de *C. estertheticum*.

A desossa foi identificada como um PCC por não existir operação subsequente que pudesse eliminar ou reduzir o *C. estertheticum* a níveis aceitáveis, mas, quando corretamente executada, pode impedir a contaminação

cruzada. Uma desossa compatível com características higiênico-sanitárias aceitáveis deve evitar excesso de manipulação e empilhamento de cortes, assim como respeitar o binômio tempo-temperatura de permanência dos cortes cárneos na área e possuir roletes e esteiras em bom estado de conservação e higiene.

TABELA 2. Identificação dos Pontos Críticos de Controle (PCC), classificação e quantificação do risco de contaminação por *Clostridium estertheticum* nas etapas/operações de um matadouro-frigorífico de bovinos, baseado no sistema especialista desenvolvido.

Etapas/Operações	Risco			PCC
	Alto	Médio	Baixo	
Curral de espera	24,8	47,2	28,0	não
Banho de aspersão	6,4	76,8	16,8	sim
Insensibilização	< 0,5	3,8	96,2	não
Içamento	< 0,5	17,0	82,7	não
Sangria	< 0,5	15,6	84,6	não
Esfola	2,6	96,1	1,3	sim
Oclusão de reto	20,0	77,5	2,4	sim
Rolete de pele	< 0,5	16,3	83,6	sim
Divulsão do esôfago	1,2	72,6	26,2	não
Evisceração	< 0,5	70,1	29,4	sim
Serragem da carcaça	< 0,5	6,7	93,1	não
Lavagem da meia carcaça	< 0,5	3,1	96,9	não
Resfriamento	39,6	52,1	8,3	não
Sala de cortes	12,9	83,4	3,7	não
Câmara de espera/pulmão	21,1	54,3	24,6	não
Sala de desossa	2,7	80,1	17,2	sim
Embalagem a vácuo	7,6	38,1	54,3	não
Estocagem	30,8	57,7	11,5	não
Expedição	32,8	66,3	0,9	não

(Dados obtidos por meio da simulação realizada com as informações fornecidas pelo estabelecimento de abate)

*Considerar a probabilidade de maior valor como resultado.

Os estudos realizados por RAUECKER (2007), BRODA et al. (2009) e HADORN et al. (2009) corroboram o que se sustenta no presente trabalho, no que concerne o maior controle higiênico-sanitário que deve ser exercido nas operações de esfola e desossa. Esses autores apontam as duas operações como sendo as de maior risco de contaminação e disseminação, por *C. estertheticum*, decorrente do possível contato de fezes com carcaça e de cortes cárneos com utensílios e equipamentos contaminados.

A Tabela 2 apresenta os resultados da simulação, no sistema desenvolvido, para as condições de abate observadas no matadouro-frigorífico. Nota-se que há médio risco de contaminação/multiplicação, por *C. estertheticum*, nas etapas/operações: curral de espera, banho de aspersão, esfola, oclusão de reto, difusão do esôfago, evisceração, resfriamento, sala de cortes, câmara de espera, sala de desossa, estocagem e expedição. Tal fato pode ser explicado por serem essas operações as que mais propiciam contaminação cruzada e disseminação ou multiplicação do microrganismo por falhas higiênico-operacionais.

Operações que exigem maior higiene e que são realizadas inadequadamente podem promover a contaminação da carcaça por fezes, pelos e partículas de solo, locais onde o *C. estertheticum* pode ser encontrado. Nesse sentido, as operações/etapas curral de espera, esfola e desossa são de alto risco de contaminação por serem locais de elevada ocorrência do microrganismo deteriorante.

Essas considerações encontram respaldo na pesquisa realizada por BRODA et al. (2002) que, ao analisarem a distribuição de *Clostridium* psicrófilicos e psicrótróficos em um matadouro de cervo, detectaram a presença desses microrganismos em amostras de solo, fezes e pele.

O mesmo foi constatado por BOEREMA et al. (2003) que, ao pesquisarem a contaminação por *C. estertheticum* em uma linha de abate de um matadouro-frigorífico, verificaram que, das 39 amostras analisadas, 10, referentes a fezes, pele e área de sangria, foram positivas para presença do microrganismos.

Recentemente, BRODA et al. (2009) estudaram a distribuição do *C. estertheticum* (e *C. gasigenes*) em uma linha de abate e processamento de

ovinos. Os autores detectaram a presença do deteriorante anaeróbico, acima de 75%, nos seguintes locais: fezes e pelos dos animais, água e lama do curral e sala de abate. Na sala de desossa, detectaram 5% de positividade para as amostras analisadas. Com base nesses resultados, os autores confirmaram a distribuição do microrganismo na linha de abate.

Ao observar a Tabela 2, nota-se que o médio risco de contaminação pode ocorrer em operações do fluxograma de abate distantes da área quente, ou seja, onde há maior probabilidade de ocorrência do deteriorante por possuir procedimentos que podem expor a carcaça ao material gastrintestinal, pele, sujidades e fezes.

Essa disseminação foi descrita por RAUECKER (2007), ao analisar a distribuição do microrganismo no fluxograma de abate constatando a presença de *C. estertheticum* em 42,86% das amostras da sala de matança (ralo, rolete, box e piso), 37% das amostras após esfola (região perianal), 25% das amostras da sala de desossa (ralo, evaporador, esteiras e roletes) e em 40% das amostras da câmara fria (ralo). Segundo o autor, a alta frequência de contaminação durante o processo deve-se às condições sanitárias inadequadas, que possibilitaram a contaminação cruzada das fezes e resíduos de solo, presentes no animal, e foram passados à carcaça e ao ambiente de processo.

Falhas operacionais também podem facilitar o processo de disseminação do *C. estertheticum*, como: banho de aspersão inadequado, propiciando a entrada de animais no abate com fezes amolecidas na superfície do pelo; esfola mal conduzida, fazendo com que a carcaça entre em contato com a pele e pelos; oclusão de reto incorreta, levando ao extravasamento de conteúdo intestinal na carcaça; e sala de desossa com excesso de cortes cárneos. Uma vez contaminada a carcaça, essa disseminará a contaminação, pois inevitavelmente entrará em contato com equipamentos e utensílios. À medida que o produto é submetido à manipulação excessiva e contato com superfícies contaminadas, o nível de positividade para o deteriorante cresce.

Mesmo em condições higiênicas adequadas, algumas operações do fluxograma de abate apresentam médio risco de contaminação/multiplicação, quando simulados os dados obtidos no frigorífico no sistema, sendo elas: resfriamento, sala de cortes, sala de espera/pulmão, estocagem e expedição.

Assim, reforçando a necessidade de controle operacional severo, não tolerando falhas no processo.

Acredita-se que a disseminação do *C. estertheticum* ocorra também em função da resistência dos esporos, o que dificulta a eliminação desse microrganismo mesmo quando há boas condições de higiene durante processamento.

A resistência dos esporos de *C. estertheticum* ao calor, ultrassom e ácido peracético foi avaliada por BRODA (2007). O autor constatou que os esporos se mostraram resistentes a 100°C por 4min e ao ultrassom combinado com calor (90W/1min). O ácido peracético mostrou-se eficiente na eliminação do microrganismo, sendo que nenhum *C. estertheticum* foi recuperado das diluições de esporos submetidas ao tratamento com sanitizante na concentração de 180ppm por 5min. Entretanto, essa concentração de sanitizante é elevada, podendo causar corrosão em equipamentos.

Evitar a disseminação do *C. estertheticum* na linha de abate é de suma importância, uma vez que um esporo é capaz de provocar tufamento da carne embalada a vácuo armazenada a -1,5°C, por 45 dias (CLEMENS et al., 2010) ou 1°C, por 34 dias (MOSCHONAS et al., 2010). O processo higiênico de obtenção da carne é fundamental para manter a contaminação em um nível mínimo e aumentar a vida de prateleira.

HADORN et al. (2009) afirmaram que para reduzir os casos de tufamento, causados por *C. estertheticum*, os matadouros-frigoríficos devem priorizar a higiene nos seus processos produtivos, sendo necessário tomar medidas que evitem qualquer possível contato da carcaça/carne com a pele, sujeira ou partículas de excremento. Segundo os autores, a contaminação pode ocorrer em algumas operações do abate, sendo ressaltada por eles a esfolagem. Afirmam ainda, que mesmo durante o processo de embalagem, deve-se ter atenção especial com a contaminação cruzada. Outro fator apontado pelos autores, por contribuir com o tufamento, diz respeito à embalagem da carne sob vácuo, quando o centro geométrico da peça apresenta temperaturas mais elevadas (7°C), estimulando a multiplicação do *C. estertheticum*.

Analisando a Tabela 2, nota-se que dos seis PCCs, identificados para *C. estertheticum* no fluxograma de abate, cinco estão classificados com médio

risco de contaminação. Esse contexto expõe a fragilidade do gerenciamento de risco do local, uma vez que estas etapas/operações foram criadas com objetivo de reduzir a contaminação.

Diante do exposto, o frigorífico estudado deve tomar medidas corretivas para que não haja disseminação do microrganismo deteriorante. Uma alternativa para exercer o devido controle nos PCCs, identificados para esse microrganismo no presente trabalho, seria a utilização do sistema proposto, uma vez que este visa auxiliar o gestor no diagnóstico e identificação de risco nas operações do fluxograma de abate, prevendo possíveis contaminações e evitando assim perdas comerciais.

CONCLUSÃO

O sistema desenvolvido, no presente estudo, de gerenciamento de risco para *C. estertheticum*, em fluxograma de abate de bovinos, auxilia o gestor no processo de tomada de decisões visando ao controle exercido sobre os Pontos Críticos de Controle e os Pontos de Controle. O sistema especialista possibilita a previsão do risco de contaminação durante o processo de abate de bovinos, indicando possíveis falhas nas etapas de abate que podem levar a contaminação.

O sistema apresentou desempenho satisfatório, permitindo simular a realidade produtiva, assim como classificar e quantificar os riscos de contaminação/multiplicação do *C. estertheticum* no fluxograma de abate. Entretanto, caberia uma revisão de algumas variáveis de caráter subjetivo, como higiene, para redução das incertezas.

REFERÊNCIAS

1. BELTRÃO, C.J. **Rede Bayesiana para predição do risco de infecção hospitalar em UTI – neonatal**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.
2. BOEREMA, J.A.; BRODA, D.M.; BELL, R. G. Abattoir sources of psychrophilic clostridia causing blow pack spoilage of vacuum-packed chilled meats determined by culture based and molecular detection procedures. **Letters in Applied Microbiology**, v.36, p.406-411, 2003.
3. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. Divisão de Inspeção de Carnes e Derivados. **Inspeção de carnes, padronização de técnicas, instalações e equipamentos: I – Bovinos, currais e seus anexos**. Brasília, 1971.
4. BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**. Brasília. 1997. 241p.
5. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; COOK, R.L. The Microbiology of Blown Packs. In: MEAT INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 28., 1994, New Zealand. **Fresh meat**, p.467-471, 1994.[artigo]
6. BRODA, D.M.; DeLACY, K.M.; BELL, R.G.; BRAGGINS, T.J.; COOK, R.L. Psychrotrophic *Clostridium* spp. associated with “Blown pack” spoilage of chilled vacuum-packed red meats and dog rolls in gas-impermeable plastic casings. **International Journal of Food Microbiology**, v.29, p.335-352, 1996.
7. BRODA, D.M.; SAUL, D.M.; LAWSON, P.A.; BELL, R.G.; MUSGRAVE, D.R. *Clostridium gasigenes* sp. nov., a psychrophile causing spoilage in vacuum-packed meat. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.50, p.107-118, 2000.
8. BRODA, D.M.; BELL, R.G.; BOEREMA, J. A.; MUSGRAVE, D. R. The abattoir source of culturable psychrophilic *Clostridium* spp. causing “blown pack” spoilage of vacuum-packed chilled venison. **Journal of Applied Microbiology**, v.93, p.817-824, 2002.
9. BRODA, D.M. The effect of peroxyacetic acid-based sanitizer, heat and ultrasonic waves on the survival of *Clostridium estertheticum* spores in vitro. **Letters in Applied Microbiology**, v.45, p.336–341, 2007.
10. BRODA, D.M.; BOEREMA, J.A; BRIGHTWELL, G. Sources of psychrophilic and psychrotolerant clostridia causing spoilage of vacuum-packed chilled meats, as determined by PCR amplification procedure. **Journal of Applied Microbiology**, v.107, p. 178–186, 2009.
11. CLEMENS, R.M.; ADAM, K.H.; BRIGHTWELL, G. Contamination levels of *Clostridium estertheticum* spores that result in gaseous spoilage of vacuum-

packaged chilled beef and lamb meat. **Letters in Applied Microbiology**, v. 50,p. 591–596, 2010.

12. COLLINS, M.D.; RODRIGUES, U.M.; DAINTY, R.H.; EDWARDS, R.A.; ROBERTS, T.A. Taxonomic studies on a psychrophilic *Clostridium* from vacuum-packed beef: description of *Clostridium estertheticum* sp. **Microbiological Letters**, v.96, p.235-240, 1992.

13. DAINTY, R.H.; EDWARDS, R.A.; HIBBARD, C.M. Spoilage of vacuum-packed beef by *Clostridium* sp. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.49, p.473-486, 1989.

14. FAO - Food and Agriculture Organization - **Risk Management and Food Safety**. Rome, 1997. 43p.

15. FAO - Food and Agriculture Organization – **Food Hygiene**. 2003. 72p.

16. HADORN, R.; SCHLÜCHTER, S.; COLLOMB, M.; BADERTSCHER, R.; HUMMERJOHANN, J. Gas formation in vacuum-packed beef - a new-old phenomenon? In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE & TECHNOLOGY, 55., 2009, Copenhagen, Denmark. **Anais...** Denmark: University of Copenhagen, 2009. p.1-4.[artigo]

17. HANNA, M.O; SMITH, G.C.; HALL, L.C.; VANDERZANT, C. Role of *Hafnia alvei* and *Lactobacillus* species in the spoilage of vacuum-packaged striploin steaks. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 42, n.7, p. 569-571, 1979.

18. HOLLEY, R.A.; GILL, C.O. **Usos da embalagem em atmosfera modificada para carnes e produtos cárneos** [online]. 2006. Disponível em: www.ital.sp.gov.br/ctc/eventos/terceiro_congresso/5.doc. Acessado em: 5 jan. 2007

19. HOORNSTRA, E. ; NORTHOLT, M.D. ; NOTERMANS, S.; BARENDSSZ, A.W. The use of quantitative risk assessment in HACCP. **Food Control**, v.12, p.229-234, 2001.

20. KALCHAYANAND, N.; RAY, B.; FIELD, R.A.; JOHNSON, M. C. Spoilage of vacuum-packaged refrigerated beef by *Clostridium*. **Journal of Food Protection**, v.52, p.424-426, 1989.

21. KALCHAYANAND, N.; RAY, B.; FIELD, R.A. Characteristics of psychrotrophic *Clostridium laramie* causing spoilage of vacuum-packaged refrigerated fresh and roasted beef. **Journal of Food Protection**, v.56, p.13-17, 1993.

22. LIMA, D.S.P. **Sistema de apoio a decisão para a elegibilidade de pacientes para atenção domiciliar**. 2006. 97f. Dissertação (Mestrado Tecnologia em Saúde) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.

23. MEDCALC. **MedCalc**® [online], MedCalc Software, 2009. Disponível em: www.medcalc.org. Acessado em: 10 dez. 2009.

24. MOSCHONAS, G.; BOLTON, D.J.; SHERIDAN, J.J.; McDOWELL, D.A. The effect of storage temperature and inoculum level on the time of onset of 'blown pack' spoilage. **Journal of Applied Microbiology**, p.532-539, 2010.

25. NASSAR, S.M. **Tratamento de incerteza: sistema especialista probabilístico**. Santa Catarina: UFSC, 2007. 69p.
26. NORSYS. **Shell Netica** [online], Norsys Software Corp., 1995. Disponível em: www.norsys.com. Acessado em : 10 set. 2009.
27. PORTELLA, A.C.F. **Modelagem do efeito antagônico de *Lactobacillus* sobre *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* pela análise de sobrevivência com enfoque bayesiano**. 2007. 123f. Dissertação (Mestrado em Processos Biotecnológicos)- Universidade Federal do Paraná, Paraná.
28. QUADROS, M.R.R. **Concepção de um sistema de apoio a decisão para acompanhamento nutricional de pacientes submetidos a cirurgia bariátrica**. 2006. 137f. Dissertação (Mestrado Tecnologia em Saúde) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná.
29. RAUECKER, U. N. ***Clostridium estertheticum* e *C. gasigenes* em carne bovina refrigerada, equipamentos e ambiente de matadouros-frigoríficos de diferentes estados brasileiros**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado Ciência Animal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
30. ROQUE-SPECHT, V.F. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para o aumento da segurança alimentar** – estudo de caso em uma indústria de laticínios. 2002. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
31. SAHEKI, A.H. **Construção de uma Rede Bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas**. 2005. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecatrônica) – Faculdade Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
32. SPRING, S.; MERKHOFFER, B.; WEISS, N.; KROPPESTEDT, R. M.; HIPPE, H.; STACKEBRANDT, E. Characterization of novel psychrophilic clostridia from Antarctic microbial mat: description of *Clostridium frigoris* sp. nov., *Clostridium lacusfryxellense* sp. nov., *Clostridium bowmanii* sp. nov., and *Clostridium psychrophilum* sp. nov. and reclassification of *Clostridium laramiense* as *Clostridium estertheticum* subsp. *laramiense* subsp. nov. **International journal of systematic and Evolutionary Microbiology**, v.53, p.1019-1029, 2003.
33. SUN, Y.M.; OCKERMAN, H.W. A review of the needs and current applications of hazard analysis and critical control point (HACCP) system in foodservice areas. **Food Control**, v.16, p.325–332, 2005.
34. WHO - World Health Organization. Food Safety Risk Analysis- **A Guide for National Food Safety Authorities**, Rome, 2006. 119p.
35. WHO - World Health Organization. Microbiological Risk Assessment Serie - **Risk Characterization of Microbiological Hazards in Food**, 2009. 135p.
36. YANG, X.; BALAMURUGAN, S.; GILL, C.O. Substrate utilization by *Clostridium estertheticum* cultivated in meat juice medium. **International Journal of Food Microbiology**, v. 128, p. 501–505, 2009

37. ZWEIG, M.H.; CAMPBELL, G. Receiver-operating characteristic (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. **Clinical Chemistry**, v.39, p.561-577, 1993.

CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema proposto de gerenciamento de risco industrial para o *C. estertheticum* reveste-se de grande importância para os matadouros-frigoríficos por identificar possíveis microrganismos associados ou causadores de tufamento e por prever possíveis contaminações durante as operações do fluxograma de abate de bovinos.

O diagnóstico precoce das condições de abate pode reduzir os riscos de contaminação e facilitar a tomada de decisão dos gestores industriais. O sistema indica se os Pontos Críticos de Controle estão estabelecidos de forma correta e se as medidas adotadas para controle das etapas estão sendo corretamente executadas. Possibilita também o conhecimento da gravidade da possível contaminação, uma vez que classifica o risco.

O Sistema Especialista proposto é capaz de reproduzir o conhecimento de especialistas humanos e pode contribuir para ampliação do controle sobre o *C. estertheticum*, uma vez que são escassos profissionais que dominam o assunto e tem sido grande o número de relatos de disseminação do deteriorante no fluxograma de abate.

A redução da contaminação durante o processo de abate resulta na diminuição dos casos de tufamento por *C. estertheticum*, com arrefecimento das perdas produtivas e aumento da segurança ao exportar, pois esse tipo de deterioração tem sido relatado principalmente em lotes destinados ao comércio internacional.

Ainda há muito a ser explorado sobre *C. estertheticum* e tufamento de embalagens, principalmente pela escassez de informações sobre o microrganismo deteriorante. Há também controvérsias sobre a classificação de suas subespécies e sobre métodos de identificação, notadamente por problemas de especificidade e/ou sensibilidade das técnicas empregadas. A dificuldade de isolamento e purificação do microrganismo constitui outro limitador.

Sugere-se, para trabalhos futuros, a integração de todas as RBs criadas formando um quadro geral, que mostraria em tempo real os diagnósticos e ainda manteria o histórico de todos os PCCs. As estatísticas desses resultados

poderiam apontar tendências e fortalecer a necessidade de intervenção nos PCCs.

Acredita-se que a automação na verificação e no controle de algumas variáveis poderia reduzir as incertezas geradas por algumas variáveis subjetivas, existentes nas Redes Bayesianas criadas.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Questionário-resposta, referente às características microbiológicas dos deteriorantes, utilizado para obtenção do padrão ouro

Questionário: Qual o risco das bactérias deteriorantes produtoras de gás, descritas a seguir, causarem tufamento na carne embalada a vácuo?

Caso 1

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- média frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 8 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°C

Risco: Alto **Médio** Baixo

Caso 2

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- média frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 8 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4°C e 7°C

Risco: Alto **Médio** Baixo

Caso 3

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- baixa frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 12 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4°C e 7°C

Risco: Alto **Médio** Baixo

Caso 4

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- alta frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 8 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°C

Risco: **Alto** Médio Baixo

Caso 5

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- alta frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 8 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4°C e 7°C

Risco: **Alto** Médio Baixo

Caso 6

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento
- contagens maiores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 4 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°C.

Risco: **Alto** Médio Baixo

Caso 7

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento
- contagens maiores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 4 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4 e 7°C.

Risco: **Alto** Médio Baixo**Caso 8**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- baixa frequência em tufamento
- contagens menores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 4 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°C.

Risco: Alto **Médio** Baixo**Caso 9**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- baixa frequência em tufamento
- contagens menores que 7log UFC/g

b) Carne armazenada a temperatura entre 4°C e 7°C.

Risco: Alto Médio **Baixo****Caso 10**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento
- contagens menores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 4 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°C.

Risco: **Alto** Médio Baixo**Caso 11**

a) Características da bactéria

- anaeróbia estrita
- baixa frequência em tufamento
- contagens menor que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 12 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor 4°C

Risco: Alto **Médio** Baixo**Caso 12**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento
- contagens menores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 4 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4°C e 7°C.

Risco: **Alto** Médio Baixo**Caso 13**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- baixa frequência em tufamento
- contagens menores que 7log UFC/g

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4°.

Risco: Alto Médio **Baixo****Caso 14**

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento

- contagens maiores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 12 semanas

b) Carne armazenada a temperatura entre 4 e 7°C.

Risco: Alto **Médio** Baixo

Caso 15

a) Características da bactéria

- anaeróbia facultativo
- alta frequência em tufamento
- contagens maiores que 7log UFC/g
- tufamento em aprox. 12 semanas

b) Carne armazenada a temperatura menor que 4.

Risco: Alto **Médio** Baixo

APÊNDICE 2. Probabilidades obtidas após reunião com especialista para inserção no programa *Shell* Netica

TABELA 2 - Probabilidades condicionais referentes à demanda de oxigênio para multiplicação microbiana

Risco de Tufamento	Demanda de Oxigênio	
	Anaeróbio estrito	Anaeróbio facultativo
Alto	70	30
Médio	40	60
Baixo	0,1	99,9

*Unidade utilizada nos dados foi %

TABELA 3 - Probabilidades condicionais referentes à temperatura (°C) de acondicionamento do cortes cárneos

Risco de Tufamento	Temperatura de acondicionamento	
	Menor 4°C	Entre 4 e 7°C
Alto	20	80
Médio	30	70
Baixo	90	10

*Unidade utilizada nos dados foi %

TABELA 4 - Probabilidades condicionais referentes à frequência de contaminação pelo agente quando ocorre tufamento

Risco de Tufamento	Frequência de Contaminação pelo agente		
	Alta	Média	Baixa
Alto	80	19,9	0,1
Médio	30	65	5,0
Baixo	0,1	0,4	99,5

*Unidade utilizada nos dados foi %

TABELA 5 - Probabilidades condicionais referentes às contagens de microrganismos constatadas quando há tufamento em cortes cárneos embalados a vácuo

Risco de Tufamento	Contagem	
	menor que 7 log	Maior ou igual a 7 log
Alto	60	40
Médio	55	45
Baixo	35	65

*Unidade utilizada nos dados foi %

TABELA 6 - Probabilidades condicionais referentes à vida de prateleira conferida pela multiplicação de *Clostridium* psicrófilos e psicrótrófos, assim como por *Enterobacteriaceae* e bactérias ácido lácticas

Bactérias	Risco de Tufamento	Vida de Prateleira (semanas)		
		Menor 4	Entre 4 e 8	Entre 4 e 12
<i>Enterobacteriaceae</i> e Ácido Lácticas	Alto	85	10	5
	Médio	30	60	10
	Baixo	5	35	60
<i>Clostridium</i> spp.	Alto	1	24	75
	Médio	15	60	25
	Baixo	60	30	10

*Unidade utilizada nos dados foi %

TABELA 7 - Probabilidades marginais referentes ao risco de tufamento de cortes cárneos embalados a vácuo armazenados sob refrigeração

Risco de tufamento		
Alto	Médio	Baixo
40	35	25

*Unidade utilizada nos dados foi %

APENDICE 3. Questionário-resposta sobre fluxograma de abate de bovinos utilizado para obtenção do padrão ouro

Questionário: Serão apresentados casos referentes às condições higiênico-sanitárias e operacionais do fluxograma de abate de bovinos

- Instruções para preenchimento:

1. Conforme as situações descritas, assinale qual o risco de contaminação.
2. Algumas variáveis e atributos que influenciam a contaminação por *C. estertheticum* tiveram seus conceitos padronizados para facilitar a inserção no programa, sendo eles:
 - higiene de operação: cumprimento de Procedimentos Operacionais Padronizados de higiene pessoal e utensílios, e capacitação em Boas Práticas de Fabricação;
 - treinamento de funcionários: capacitação de colaboradores para realizar as operações referentes ao abate (oclusão de reto, divulsão do esôfago e evisceração) seguindo as normas sanitárias;
 - velocidade de abate padrão: funcionamento do matadouro- frigorífico nos limites da sua capacidade física e operacional de abate;
 - Binômio tempo/temperatura: fluxo de operação, preferencialmente contínuo, sem permitir o acúmulo de peças e o aumento de temperatura dos cortes maior que 7°C na Sala de Cortes, Câmara de Espera, Sala de Desossa e Embalagem, e maior que 4°C na Expedição.
3. As operações de Embalagem, Estocagem e Expedição são referentes à multiplicação do *C. estertheticum*.

Curral de Espera**Caso 1. Curral de Espera**

- a) Obedece a dieta hídrica = 24h
 - b) O número de animais é respeitado (cmmd* x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo curto
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Curral de Espera

- a) Obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais não é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo curto
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Curral de Espera

- a) Não obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais não é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo curto
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Curral de Espera

- a) Não obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo curto
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Curral de Espera

- a) Obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo longo
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Curral de Espera

- a) Obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais não é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo longo
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Curral de Espera

- a) Não obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais não é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo longo
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Curral de Espera

- a) Não obedece a dieta hídrica -24h
 - b) O número de animais é respeitado (cmmd x 2,5m²)
 - c) Animal de pelo longo
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Banho de Aspersão**Caso 1. Banho de Aspersão**

- a) Os bicos de aspersão estão locados respeitando quantidade e direção dos jatos**.
- b) Há movimentação animal
- c) Sobre tempo e pressão do banho: 5 min. a 3 atm

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados respeitando quantidade e direção dos jatos
- b) Não há movimentação animal
- c) Sobre tempo e pressão do banho: 5 min. a 3 atm

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados respeitando quantidade e direção dos jatos
- b) Não há movimentação animal
- c) Tempo e pressão do banho: menor 5 min. a 3 atm

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados não respeitando quantidade e direção dos jatos
 - b) Não há movimentação animal
 - c) Tempo e pressão do banho: 5 min. a 3 atm
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados respeitando quantidade e direção dos jatos
 - b) Há movimentação animal
 - c) Tempo e pressão do banho: menor 5 min. a 3 atm
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados não respeitando quantidade e direção dos jatos
 - b) Há movimentação animal
 - c) Tempo e pressão do banho: menor 5 min. a 3 atm
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados não respeitando quantidade e direção dos jatos
 - b) Há movimentação animal
 - c) Tempo e pressão do banho: 5 min. a 3 atm
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Banho de Aspersão

- a) Os bicos de aspersão estão locados não respeitando quantidade e direção dos jatos
 - b) Não há movimentação animal
 - c) Tempo e pressão do banho: menor 5 min. a 3 atm
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Insensibilização**Caso 1. Insensibilização**

- a) Há limpeza do Box quando necessário
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Insensibilização

- a) Não há limpeza do Box quando necessário
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Içamento**Caso 1. Içamento**

- a) Limpeza adequada da região perianal***
 - b) Higiene da praia de vômito
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Içamento

- a) Limpeza adequada da região perianal
 - b) Não há higiene da praia de vômito
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Içamento

- a) Limpeza inadequada da região perianal
 - b) Não há higiene da praia de vômito
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Içamento

- a) Limpeza inadequada da região perianal
 - b) Há higiene da praia de vômito
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Sangria**Caso 1. Sangria**

- a) Há higiene durante a operação
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Sangria

- a) Não há higiene durante a operação
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Esfola**Caso 1. Esfola**

- a) Velocidade de abate padrão
 - b) Há higiene durante a operação
 - c) há higiene de equipamentos
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Esfola

- a) Velocidade de abate padrão
- b) Não há higiene durante a operação

c) Não há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Esfola

a) Velocidade de abate acima do padrão
b) Não há higiene durante a operação
c) Não há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Esfola

a) Velocidade de abate acima do padrão
b) Há higiene durante a operação
c) Há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Esfola

a) Velocidade de abate padrão
b) Não há higiene durante a operação
c) Há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Esfola

a) Velocidade de abate padrão
b) Há higiene durante a operação
c) Não há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Esfola

a) Velocidade de abate acima do padrão
b) Há higiene durante a operação
c) Não há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Esfola

a) Velocidade de abate acima do padrão
b) Não há higiene durante a operação
c) Há higiene de equipamentos
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Oclusão de Reto

Caso 1. Oclusão de Reto

a) Os funcionários receberam treinamento
b) Velocidade de abate padrão

c) Higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Oclusão de Reto

a) Os funcionários receberam treinamento
b) Velocidade de abate padrão
c) Não há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Oclusão de Reto

a) Os funcionários receberam treinamento
b) Velocidade de abate acima do padrão
c) Não há higiene durante a operação

Caso 4. Oclusão de Reto

a) Os funcionários receberam treinamento
b) Velocidade de abate acima do padrão
c) Há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Oclusão de Reto

a) Os funcionários não receberam treinamento
b) Velocidade de abate padrão
c) Não há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Oclusão de Reto

a) Os funcionários não receberam treinamento
b) Velocidade de abate padrão
c) Há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Oclusão de Reto

a) Os funcionários não receberam treinamento
b) Velocidade de abate acima do padrão
c) Há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Oclusão de Reto

a) Os funcionários não receberam treinamento
b) Velocidade de abate acima do padrão
c) Não há higiene durante a operação
Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Roleta de Pele**Caso 1. Roleta de pele**

- a) Não há contato entre a pele e a carcaça
- b) Não há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Roleta de pele

- a) Não há contato entre a pele e a carcaça
- b) Não há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Não há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Roleta de pele

- a) Há contato entre a pele e a carcaça
- b) Não há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Não há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Roleta de pele

- a) Não há contato entre a pele e a carcaça
- b) Há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Não há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Roleta de pele

- a) Não há contato entre a pele e a carcaça
- b) Há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Roleta de pele

- a) Há contato entre a pele e a carcaça
- b) Há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Roleta de pele

- a) Há contato entre a pele e a carcaça
- b) Não há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Roleta de pele

- a) Há contato entre a pele e a carcaça

- b) Há contato entre carcaça e equipamentos
- c) Não há higiene durante a operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Divulsão do Esôfago**Caso 1. Divulsão do Esôfago**

- a) Os funcionários receberam treinamento
- b) Velocidade de abate padrão
- c) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários receberam treinamento
- b) Velocidade de abate padrão
- c) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários receberam treinamento
- b) Velocidade de abate acima do padrão
- c) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários receberam treinamento
- b) Velocidade de abate acima do padrão
- c) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Velocidade de abate padrão
- c) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Velocidade de abate padrão
- c) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Divulsão do Esôfago

- a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Velocidade de abate acima do padrão

c) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Divulsão do Esôfago

a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Velocidade de abate acima do padrão

c) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Evisceração

Caso 1. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Não houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate padrão

d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate padrão

d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Não houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Não houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Há higiene durante operação

Caso 5. Evisceração

a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate padrão

d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Evisceração

a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate padrão

d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Evisceração

a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Evisceração

a) Os funcionários não receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 9. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 10. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate padrão

d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 11. Evisceração

a) Os funcionários receberam treinamento

b) Houve rompimento de vísceras

c) Velocidade de abate acima do padrão

d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 12. Evisceração

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Não houve rompimento de vísceras
- c) Velocidade de abate padrão
- d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 13. Evisceração

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Não houve rompimento de vísceras
- c) Velocidade de abate acima do padrão
- d) Há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 14. Evisceração

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Não houve rompimento de vísceras
- c) Velocidade de abate acima do padrão
- d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 15. Evisceração

- a) Os funcionários não receberam treinamento
- b) Não houve rompimento de vísceras
- c) Velocidade de abate padrão
- d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 16. Evisceração

- a) Os funcionários receberam treinamento
- b) Não houve rompimento de vísceras
- c) Velocidade de abate padrão
- d) Não há higiene durante operação

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Serragem de meia carcaça**Caso 1. Serragem da carcaça**

- a) Há higiene na operação e de equipamentos
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Serragem da carcaça

- a) Não há higiene na operação e de equipamentos
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Lavagem de meia carcaça**Caso 1. Lavagem de Meia-Carcaça**

- a) Os jatos de água são direcionados de cima para baixo

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Lavagem de Meia-Carcaça

- a) Os jatos de água não são direcionados de cima para baixo

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Resfriamento**Caso 1. Resfriamento**

- a) Espaçamento entre as carcaças: não encostadas

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Resfriamento

- a) Espaçamento entre as carcaças: encostadas

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Sala de Cortes**Caso 1. Sala de cortes**

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão

b) Há higiene durante a operação

- c) Espaçamento entre os cortes: não encostados

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão

b) Não há higiene durante a operação

- c) Espaçamento entre os cortes: não encostados

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão

b) Não há higiene durante a operação

- c) Espaçamento entre os cortes: encostados

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Há higiene durante a operação
 - c) Espaçamento entre os cortes: encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Não há higiene durante a operação
 - c) Espaçamento entre os cortes: encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Há higiene durante a operação
 - c) Espaçamento entre os cortes: encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Não há higiene durante a operação
 - c) Espaçamento entre os cortes: não encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Sala de cortes

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Há higiene durante a operação
 - c) Espaçamento entre os cortes: não encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Câmara de Espera**Caso 1. Câmara de espera pulmão**

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Espaçamento entre os cortes: não encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Câmara de espera pulmão

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Espaçamento entre os cortes: encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Câmara de espera pulmão

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Espaçamento entre os cortes: encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Câmara de espera pulmão

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Espaçamento entre os cortes: não encostados
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Desossa**Caso 1. Desossa**

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão

- b) Há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
- b) Não há excesso de manipulação

- c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 9. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento do cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 10. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 11. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
- b) Há excesso de manipulação
- c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados

- d) Não há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 12. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 13. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 14. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Não há higiene durante a operação
 - e) Ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 15. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
- b) Não há excesso de manipulação
- c) Os roletes e esteiras estão bem conservados e corretamente higienizados
- d) Há higiene durante a operação
- e) Não ocorre empilhamento dos cortes

Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Caso 16. Desossa

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes na sala: fora do padrão
 - b) Não há excesso de manipulação
 - c) Os roletes e esteiras não estão bem conservados e corretamente higienizados
 - d) Há higiene durante a operação
 - e) Não ocorre empilhamento dos cortes
- Risco de contaminação: Alto Médio Baixo

Embalagem

Caso 1. Embalagem

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a embalagem: padrão
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Embalagem

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a embalagem: fora do padrão
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Estocagem

Caso 1. Estocagem

- a) Não há oscilação de temperatura
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Estocagem

- a) Há oscilação de temperatura
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Expedição

Caso 1. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: padrão
 - b) Temperatura durante o transporte: adequada****
 - c) Adequada montagem das pilhas*****
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 2. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: fora do padrão
- b) Temperatura durante o transporte: inadequada
- c) Inadequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 3. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: fora do padrão
- b) Temperatura durante o transporte: adequada
- c) Inadequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 4. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: padrão
- b) Temperatura durante o transporte: inadequada
- c) Inadequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 5. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: padrão
- b) Temperatura durante o transporte: inadequada
- c) Adequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 6. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: padrão
- b) Temperatura durante o transporte: adequada
- c) Inadequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 7. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: fora do padrão
- b) Temperatura durante o transporte: inadequada
- c) Adequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

Caso 8. Expedição

- a) Binômio tempo x temperatura dos cortes até a expedição: fora do padrão
- b) Temperatura durante o transporte: adequada
- c) Adequada montagem das pilhas
- Risco de multiplicação: Alto Médio Baixo

*Capacidade máxima de matança

**Os bicos devem estar nas posições transversal, longitudinal e lateral, orientando os jatos para o centro do banho

***Jatos de água só na região perianal e operação nunca realizada com o animal já içado.

****Temperatura durante transporte não deve oscilar, sendo 4°C. Alteração em + 2°C é considerada oscilação.

*****Permitir circulação de frio e sem causar dano físico.

APENDICE 4. Probabilidades obtidas após reunião com especialista para inserção no programa *Shell Netica*.

TABELA 3. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Curral de Espera

Risco de Contaminação	Dieta hídrica		Nº de animais		Tipo de pelo		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	curto (%)	longo (%)		
Alto	10	90	20	80	30	70	80	>42,7
Médio	30	70	40	60	40	60	19	>39,4
Baixo	90	10	75	25	80	20	1	-

TABELA 4. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Banho de Aspersão

Risco de Contaminação	Bicos		Movimentação animal		Tempo x Pressão		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	suf. (%)	insuf(%)	sim(%)	não (%)	Adeq. (%)	Inad.(%)		
Alto	10	90	20	80	20	80	30	57,0
Médio	40	60	40	60	40	60	60	>42,8
Baixo	90	10	80	20	70	30	10	56,0

TABELA 5. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Isensibilização

Risco de Contaminação	Limpeza do Box		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim(%)	não(%)		
Alto	0,1	99,9	1	-
Médio	10	90	24	96,2
Baixo	80	20	75	57,4

TABELA 6. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de abate Içamento

Risco de Contaminação	Jato de água		Higiene Praia de Vômito		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	Adeq.(%)	Inad. (%)	Adeq. (%)	Inad.(%)		
Alto	10	90	1	99	35	50,8
Médio	20	80	25	75	50	>48,9
Baixo	90	10	90	10	15	82,7

TABELA 7. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de abate Sangria

Risco de Contaminação	Limpeza		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim(%)	não(%)		
Alto	0,1	99,9	1	-
Médio	30	70	34	68,9
Baixo	85	15	65	84,4

TABELA 8. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de abate Esfola

Risco de Contaminação	Hig.Operação		Velocidade de abate		Hig. equipamentos		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	10	90	1	99	10	90	70	>16,4
Médio	40	60	35	65	45	55	25	>41,3
Baixo	99	1	80	20	80	20	5	66,7

TABELA 9. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Oclusão de Reto

Risco de Contaminação	Hig.Operação		Velocidade de abate		Trein. Funcionários		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	15	85	10	90	20	80	20	>20,7
Médio	40	60	30	70	35	65	45	>50,1
Baixo	90	10	95	5	95	5	35	>28,5

TABELA 10. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Rolete de Pele

Risco de Contaminação	Hig.Operação		Contato pele – carcaça		Contato equip. – carcaça		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	sim(%)	não (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	30	70	99	1	70	30	35	>2,06
Médio	40	60	45	55	60	40	20	>41,4
Baixo	80	20	5	95	5	95	25	83,6

TABELA 11. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Divulsão do Esôfago

Risco de Contaminação	Hig.Operação		Velocidade de abate		Trein. Funcionários		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	10	90	1	99	20	80	30	64,5
Médio	30	70	30	70	40	60	40	>45,5
Baixo	95	5	90	10	90	10	30	>39,3

TABELA 12. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell Netica*, para operação de abate Evisceração

Risco de Contaminação	Romp. Vísceras		Hig.Operação		Velocidade de abate		Trein. Funcionários		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	não(%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	99	1	5	95	5	95	30	70	60	>33,9
Médio	55	45	30	70	30	70	45	55	30	>48,8
Baixo	10	90	90	10	85	15	70	30	10	>42,9

TABELA 13. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de Serragem em meia carcaça

Risco de Contaminação	Higiene		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim(%)	não(%)		
Alto	1	99	5	-
Médio	10	90	35	65,0
Baixo	80	20	60	93,1

TABELA 14. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de abate Lavagem de meia carcaça

Risco de Contaminação	Jatos de água corretamente direcionados		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim(%)	não(%)		
Alto	0.1	99.9	1	-
Médio	10	90	20	51,7
Baixo	80	20	79	96,9

TABELA 15. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de Resfriamento

Risco de Contaminação	Espaçamento entre carcaças		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	encostadas(%)	não encostadas(%)		
Alto	95	5	30	-
Médio	75	25	50	52,1
Baixo	30	70	20	50,0

TABELA 16. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para etapa Sala de Cortes

Risco de Contaminação	Hig.Operação		Tempo x Temperatura		Cortes encostados		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim (%)	não(%)	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não (%)		
Alto	5	95	5	95	80	20	25	61,2
Médio	35	65	35	65	60	40	45	>38,7
Baixo	90	10	90	10	10	90	30	90,8

TABELA 17. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para etapa Câmara de Espera

Risco de Contaminação	Tempo x temperatura		Cortes encostados		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	padrão(%)	fora do padrão (%)	sim (%)	não(%)		
Alto	15	85	95	5	30	52,9
Médio	35	65	70	30	45	>44,6
Baixo	80	20	25	75	25	75,2

TABELA 18. Probabilidades (%) utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de abate Desossa

Risco de Contaminação	Tempo x Temperatura		Manipul. excessiva		Roletas/Esteiras		Hig. operação		Empilham.		Nó pai	Ponto Crítico
	padrão	fora do padrão	sim	não	sim	não	sim	não	sim	não		
Alto	20	80	90	10	10	90	5	95	90	10	50	>33,3
Médio	40	60	60	40	30	70	35	65	70	30	30	>66,2
Baixo	85	15	1	99	85	15	90	10	5	95	20	>24,5

TABELA 19. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de Embalagem

Risco de Contaminação	Tempo x Temperatura		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	padrão(%)	fora do padrão(%)		
Alto	20	80	20	-
Médio	40	60	50	63,2
Baixo	95	5	30	54,3

TABELA 20. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de Estocagem

Risco de Contaminação	Oscilação de temperatura		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	sim(%)	não(%)		
Alto	80	20	20	-
Médio	60	40	50	57,7
Baixo	20	80	30	50,0

TABELA 21. Probabilidades utilizadas na elaboração do sistema proposto, inseridas no *Shell* Netica, para operação de Expedição

Risco de Contaminação	Temperatura		Tempo x Temperatura		Montagem de pilhas		Nó pai (%)	Ponto Crítico
	adeq. (%)	inad. (%)	padrão (%)	fora do padrão (%)	adeq. (%)	inad. (%)		
Alto	20	80	20	80	20	80	25	61,8
Médio	45	55	40	60	40	60	40	>38,2
Baixo	99	1	95	5	95	5	35	91,0